



A.P.A.T.

Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

Servizio Interdipartimentale Emergenze Ambientali

**STATO DI ATTUAZIONE DELLE TECNOLOGIE
DI BONIFICA SUI SITI D'INTERESSE
NAZIONALE**

Dott. Ing. Giorgia Carrabba

Tutor: Ing. Giuseppe Marella

Con la collaborazione dell'Ing. Eugenia Bartolucci

INDICE

1	<i>Scopo del lavoro</i>	5
1.1	Metodologia adottata.....	5
2	<i>Normativa di riferimento: DM n.471 del 25 ottobre 1999</i>	7
2.1	Interventi di interesse nazionale.....	7
2.2	Le tipologie d'intervento possibili ai sensi del D.M. 471/99.....	8
3	<i>Le tecnologie di bonifica</i>	11
3.1.1	Parametri ed aspetti tecnici condizionanti l'applicabilità delle tecnologie	12
4	<i>Stato dell'arte</i>	14
4.1	Interventi specifici	39
4.2	Sito d'interesse nazionale di Brescia-Caffaro - Comparto Milano	40
4.2.1	Descrizione del sito	40
4.2.2	Geologia ed idrogeologia dell'area.....	40
4.2.3	Stato della contaminazione	40
4.2.4	Caratteristiche del progetto.....	41
4.2.5	Possibili destinazioni dei terreni e dei rifiuti provenienti dall'attività di bonifica	42
4.2.6	Tempistica	43
4.2.7	Previsione dei costi di bonifica.....	43
4.3	Sito d'interesse nazionale di Brescia-Caffaro – Area Ex-Pietra	44
4.3.1	Descrizione del sito	44
4.3.2	Geologia ed idrogeologia dell'area.....	44
4.3.3	Stato della contaminazione	45
4.3.4	Intervento di bonifica	45
4.3.5	Cronoprogramma degli interventi	47
4.3.6	Costi.....	47
4.4	Sito d'interesse nazionale di Brescia-Caffaro – Area Case del Sole	48
4.4.1	Descrizione dell'area	48

4.4.2	Geologia ed idrogeologia dell'area.....	49
4.4.3	Stato della contaminazione.....	49
4.4.4	Interventi di bonifica	49
4.4.5	Piano di monitoraggio	52
4.4.6	Durata e costi previsti dell'intervento	52
4.5	Sito d'interesse nazionale di Milano Bovisa	53
4.5.1	Descrizione dell'area	53
4.5.2	Stato della contaminazione.....	53
4.5.3	Intervento di bonifica	53
4.5.4	Durata dell'intervento.....	55
4.6	Sito d'interesse nazionale di Pioltello-Rodano.....	56
4.6.1	Descrizione dell'area	56
4.6.2	Geologia ed idrogeologia dell'area.....	56
4.6.3	Stato della contaminazione.....	57
4.6.4	Intervento di bonifica	57
4.6.5	Durata temporale	58
4.6.6	Costo previsto per l'intervento	59
4.7	Sito d'interesse nazionale di Laghi di Mantova e Polo chimico	60
4.7.1	Descrizione del sito	60
4.7.2	Geologia ed idrogeologia dell'area.....	60
4.7.3	Stato della contaminazione.....	61
4.7.4	Quantificazione e classificazione dei rifiuti presenti.....	61
4.7.5	Intervento di bonifica	62
4.7.6	Durata dell'intervento.....	63
4.7.7	Stima dei costi	64
4.7.8	Nota integrativa	64
4.8	Sito d'interesse nazionale di Manfredonia	65
4.8.1	Obiettivo dell'intervento	65
4.8.2	Stato della contaminazione.....	65
4.8.3	Tipologia della contaminazione nelle diverse aree.....	65
4.8.4	Intervento di bonifica	67
4.8.5	Costo previsto per l'intervento	67
4.8.6	Tempi previsti per le operazioni di bonifica.....	68

4.9	Sito d'interesse nazionale di Brindisi.....	69
4.9.1	Descrizione dell'area d'intervento.....	69
4.9.2	Geologia ed idrogeologia dell'area.....	69
4.9.3	Stato della contaminazione.....	70
4.9.4	Intervento di bonifica	72
4.9.5	Descrizione degli interventi della fase 2.....	73
4.9.6	Durata temporale dell'intervento.....	75
4.9.7	Costo previsto per l'intervento	76
4.9.8	Stato di avanzamento della bonifica al 20.05.2004.....	78
4.9.9	Risistemazione a verde dell'area 02F.....	78
4.10	Sito d'interesse nazionale di Taranto	80
4.10.1	Inquadramento generale della raffineria.....	80
4.10.2	Inquadramento territoriale	80
4.10.3	Contaminazione delle acque di falda.....	81
4.10.4	Bonifica delle acque di falda	81
4.10.5	Descrizione dell'intervento	81
4.10.6	Impianto Recupero Effluenti TAE	82
4.10.7	Obiettivi del trattamento.....	83
4.10.8	Descrizione del trattamento.....	83
4.10.9	Stima dei costi	84
4.10.10	Tempistica	85
4.11	Sito d'interesse nazionale di Crotone- Cassano- Cerchiara	86
4.11.1	Descrizione dell'area	86
4.11.2	Geologia ed idrogeologia dell'area.....	86
4.11.3	Stato della contaminazione.....	86
4.11.4	Intervento di bonifica	87
4.11.5	Tempi previsti.....	89
5	<i>Le tecnologie di bonifica applicate sui Siti d'Interesse Nazionale.....</i>	90
5.1	Bonifica dei suoli.....	90
5.1.1	Escavazione di terreno.....	90
5.1.2	Bioventing	90
5.1.3	Desorbimento termico	92

5.1.4	Phytoremediation.....	94
5.2	Bonifica delle falde.	95
5.2.1	Biosparging.....	96
5.2.2	Pump&Treat	96
7	<i>Analisi dei risultati</i>.....	98

1 Scopo del lavoro

Il presente lavoro è stato svolto al fine di acquisire un maggior grado di conoscenza relativamente all'applicazione delle tecnologie di bonifica sui siti contaminati. In particolare è stato svolto uno studio sulle tecnologie proposte dai soggetti privati e/o responsabili delle aree ricadenti all'interno del perimetro dei siti di interesse nazionale, così come definiti nell'art. 15 del D.M. 471/99 e individuati dalle Leggi 426/98, 308/2000, dal D.Lgs. 468/2001 e dal D.Lgs. 179/2002.

Lo scopo del lavoro è stato pertanto quello di valutare, sulla base degli elaborati progettuali disponibili e delle risultanze dell'iter istruttorio previsto per la valutazione degli stessi, sia lo stato di attuazione a livello nazionale delle tecnologie di bonifica sia una preliminare valutazione di quelle maggiormente diffuse.

Lo studio ha riguardato solamente alcuni dei cinquanta siti di interesse nazionale, ricadenti all'interno delle Regioni Lombardia, Puglia e Calabria, ovvero:

- *Lombardia*: Brescia Caffaro, Laghi Mantova e Polo chimico, Pioltello e Rodano, Milano Bovisa;
- *Puglia*: Brindisi, Taranto, Manfredonia;
- *Calabria*: Crotone-Cassano-Cerchiara.

Quanto emerso pertanto attraverso questo studio deve essere commisurato all'analisi di questi soli siti.

Un ulteriore approfondimento per i restanti siti di interesse nazionale sarà oggetto di uno studio successivo.

1.1 Metodologia adottata.

Per lo studio qui proposto è stato necessario procedere attraverso due fasi di attività. La prima ha riguardato l'analisi dell'iter istruttorio relativo ai diversi siti di interesse nazionale, la seconda lo studio specifico delle tecnologie adottate per ciascun sito.

Relativamente all'iter istruttorio si precisa innanzitutto che questo comprende varie fasi.

- 1) Gli organi di controllo istituzionali, ed in particolare il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, il quale si avvale degli enti tecnici di supporto quali l'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici), l'ISS (Istituto Superiore di Sanità) e l'ICRAM (Istituto centrale per la ricerca scientifica e tecnologica applicata al mare), ricevono gli elaborati progettuali di cui al D.M. 471/99.
- 2) Gli enti sopra citati provvedono alla valutazione dei progetti e alla predisposizione di un'istruttoria tecnica che sarà discussa in sede di Conferenza dei Servizi istruttoria

secondo quanto previsto dalla Legge 241/90 art. 14, comma 1. A tale conferenza partecipano tutti gli organi istituzionali, gli organismi territoriali competenti e i soggetti privati responsabili e/o proprietari dei siti sottoposti alle procedure di bonifica secondo D.M. 471/99.

- 3) Il Ministero raccoglie le risultanze della Conferenza di Servizi Istruttoria e convoca la Conferenza di Servizi Decisoria, ai sensi della Legge 241/90 art. 14 comma 2, alla quale partecipano unicamente il Ministero dell'Ambiente, il Ministero della Salute, il Ministero delle Attività Produttive e la Regione territorialmente competente.

A seguito di tale conferenza viene predisposto il verbale di Conferenza di Servizi Decisoria nel quale sono definite le azioni da intraprendere ai fini della bonifica, le prescrizioni o le approvazioni degli elaborati progettuali presentati e discussi e/o gli eventuali interventi da attuarsi o attuati per il sito specifico e per i soggetti privati interessati.

- 4) Al fine di procedere all'esecuzione dell'intervento di bonifica proposto e approvato in sede di Conferenza di Servizi Decisoria, viene successivamente emanato da parte del Ministero dell'Ambiente, di concerto con gli altri ministeri di cui sopra, il decreto di autorizzazione a procedere alla bonifica ai sensi dell'art. 17, comma 14 del D.Lgs. 22/97.

Premesso ciò la prima attività svolta ha riguardato l'analisi dei verbali delle Conferenze di Servizi Decisorie ed in particolare le approvazioni, seguite da decreto, degli interventi di bonifica proposti negli elaborati progettuali con le eventuali modifiche o prescrizioni stabilite. L'analisi ha riguardato anche i progetti di bonifica approvati, ma non sono ancora in fase di attuazione in quanto in attesa di Decreto autorizzativo.

Lo studio è proseguito analizzando direttamente i progetti di bonifica ed estrapolando per ciascuno di essi le caratteristiche fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica proposti, in considerazione della specifica contaminazione riscontrata in fase di caratterizzazione per il sito specifico.

Tra questi sono stati presi in considerazione anche due progetti di bonifica proposti ma non ancora approvati in sede di Conferenza di Servizi Decisoria¹ perché sono stati previsti interventi di bonifica interessanti.

¹ Cfr. Sito d'Interesse Nazionale "Laghi di Mantova e Polo Chimico", Sito di Interesse Nazionale di Brescia Caffaro – Area "Case del Sole"

2 Normativa di riferimento: DM n.471 del 25 ottobre 1999

Il D.M. del 25 ottobre 1999 n°471 è il *Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'art. 17 del D.lgs. del 5/02/97 n°2*. La normativa dispone che la bonifica di un sito contaminato deve essere essenzialmente mirata al ripristino ambientale del sito stesso, mediante una serie d'interventi atti alla sua riqualificazione e recupero, rendendolo così fruibile per la destinazione d'uso conforme allo strumento urbanistico vigente.

Il Decreto si presenta ben articolato nei suoi contenuti tecnici, in particolare vengono disciplinati:

- campo di applicazione
- criteri generali per l'attivazione delle procedure per la bonifica
- le diverse possibili tipologie d'intervento: messa in sicurezza d'emergenza, bonifica, bonifica con misure di sicurezza, bonifica con misure di messa in sicurezza permanente, ripristino ambientale;
- i criteri operativi concernenti la progettazione degli interventi di bonifica (Allegato 3 e 4) nonché le fasi che caratterizzano la stesura dei diversi progetti (piano di caratterizzazione, progetto preliminare di bonifica, progetto definitivo di bonifica);
- i criteri generali e le procedure di riferimento per il prelievo e l'analisi dei campioni;
- i criteri per le operazioni di bonifica di suoli che facciano uso di batteri, ceppi batterici mutanti, o stimolanti di batteri naturalmente presenti nel suolo;
- i valori di concentrazione limite accettabili nel suolo, nel sottosuolo, nei materiali di riporto e nelle acque sotterranee (Allegato 1). I limiti d'accettabilità, per i suoli, variano in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti: *verde pubblico/residenziale*, in tal caso sono imposti valori più restrittivi, oppure *commerciale/ industriale*.

Un sito è definito inquinato anche quando uno solo dei valori di concentrazione delle sostanze inquinanti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque sotterranee, nelle acque superficiali ricadenti nel sito in esame, risulta superiore ai valori di concentrazione limite accettabili stabiliti dal D.M. 471/99 stesso.

2.1 Interventi di interesse nazionale

Gli interventi d'interesse nazionale sono individuabili in base alle caratteristiche del sito inquinato, alla quantità e pericolosità degli inquinanti presenti nel sito medesimo, all'impatto sull'ambiente circostante al sito inquinato, in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali e ambientali. Un sito contaminato è definito d'*interesse nazionale* quando sussistono le seguenti condizioni:

- la bonifica riguarda aree e territori, compresi i corpi idrici di particolare pregio ambientale;
- la bonifica riguarda aree e territori tutelati ai sensi della Legge 431/85
- il rischio sanitario e ambientale che scaturisce è piuttosto elevato in relazione alla densità di popolazione o all'estensione dell'area interessata;
- l'impatto socio-economico causato dall'inquinamento è rilevante;
- l'inquinamento costituisce un rischio per i beni di interesse storico e culturale di rilevanza nazionale;
- la bonifica riguarda siti ricadenti sul territorio di più regioni.

L'individuazione dei 50 Siti d'Interesse Nazionale, è avvenuta con quattro provvedimenti normativi:

1. Legge n°426 del 9/12/98 in cui si riporta un primo elenco di 15 siti che saranno perimetrati successivamente con Decreto del Ministero dell'Ambiente;
2. Legge n°388 del 23 dicembre del 2000, che al suddetto elenco ne aggiunge altri 3, portando il numero dei siti a 18;
3. D.M. n°468 del 18/09/2001 (*Programma Nazionale di Bonifica e ripristino dei siti contaminati*) sono aggiunti 23 siti;
4. Legge n°179 del 31 luglio 2002 sono aggiunti gli ultimi 9 siti.

La perimetrazione ufficiale di un sito d'Interesse Nazionale avviene su segnalazione della Regione e degli Enti locali coinvolti dal perimetro, con Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

2.2 Le tipologie d'intervento possibili ai sensi del D.M. 471/99

Il D.M. 471/99 definisce:

Messa in sicurezza d'emergenza: ogni intervento necessario ed urgente per rimuovere le fonti inquinanti, contenere la diffusione degli inquinanti e impedire il contatto con le fonti inquinanti presenti nel sito, in attesa degli interventi di bonifica e ripristino ambientale o degli interventi di messa in sicurezza permanente;

Bonifica: l'insieme degli interventi atti ad eliminare le fonti di inquinamento e le sostanze inquinanti o a ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti presenti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque superficiali o nelle acque sotterranee ad un livello uguale o inferiore ai valori di concentrazione limite accettabili stabiliti dal presente regolamento;

Bonifica con misure di sicurezza: l'insieme degli interventi atti a ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque sotterranee o nelle acque superficiali a valori di concentrazione superiori ai valori di concentrazione limite accettabili stabiliti per la destinazione d'uso prevista dagli strumenti urbanistici, qualora i suddetti valori di concentrazione limite accettabili non possano essere raggiunti neppure con l'applicazione, secondo i principi della normativa comunitaria, delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili. In tali casi per l'uso del sito devono essere previste apposite misure di sicurezza, piani di monitoraggio e controllo ed eventuali limitazioni rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici. I valori di concentrazione residui di sostanze inquinanti devono comunque essere tali da garantire la tutela della salute pubblica e la protezione dell'ambiente naturale o costruito;

Misure di sicurezza: gli interventi e gli specifici controlli necessari per impedire danni alla salute pubblica o all'ambiente derivanti dai livelli di concentrazione residui di inquinanti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque sotterranee e superficiali o dalla presenza di rifiuti stoccati sottoposti ad interventi di messa in sicurezza permanente, nonché le azioni di monitoraggio idonee a garantire, in particolare, il controllo nel tempo dell'efficacia delle limitazioni d'uso, qualora, pur applicando, secondo i principi della normativa comunitaria, le migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, la bonifica ed il ripristino ambientale non consentono di rispettare i valori di concentrazione limite accettabili stabiliti dal presente regolamento per la destinazione d'uso prevista dagli strumenti urbanistici o non sia possibile rimuovere la fonte inquinante costituita dai rifiuti stoccati;

Ripristino ambientale: gli interventi di riqualificazione ambientale e paesaggistica, costituenti complemento degli interventi di bonifica nei casi in cui sia richiesto, che consentono di recuperare il sito alla effettiva e definitiva fruibilità per la destinazione d'uso conforme agli strumenti urbanistici in vigore, assicurando la salvaguardia della qualità delle matrici ambientali.

Messa in sicurezza permanente: insieme degli interventi atti a isolare in modo definitivo le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti qualora le fonti inquinanti siano costituite da rifiuti stoccati e non sia possibile procedere alla rimozione degli stessi pur applicando le migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, secondo i principi della normativa comunitaria. In tali casi devono essere previste apposite misure di sicurezza, piani

di monitoraggio e controllo, ed eventuali limitazioni d'uso rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici. I valori di concentrazione delle sostanze inquinanti nelle matrici ambientali influenzate dall'inquinamento derivante dai rifiuti stoccati non devono superare nel suolo, sottosuolo, acque sotterranee e acque superficiali i valori previsti nell'allegato 1.

3 Le tecnologie di bonifica

Le tecnologie di bonifica sono generalmente classificate in base a:

a. Meccanismi di risanamento:

- Trattamenti chimico-fisici;
- Trattamenti biologici;
- Trattamenti termici;

b. Tipo di trattamento:

- *in situ*;
- *ex situ* (*on site* e *off site*).

I trattamenti biologici sono preferibili poiché agiscono sugli inquinanti all'interno della matrice in cui si trovano, mentre i trattamenti chimico-fisici e quelli termici, in genere, si basano sull'allontanamento degli inquinanti da una matrice con conseguente trasferimento ad un'altra matrice, senza una loro definitiva eliminazione. Le tecnologie biologiche inoltre sono facilmente applicabili *in situ*, riducendo pertanto i rischi derivanti dal trasporto di materiale contaminato in altra sede. Tuttavia presentano lo svantaggio di avere tempi lunghi di recupero in relazione alle cinetiche di rimozione, spesso assai lente, necessitano di installazioni di grosse dimensioni e non di facile collocabilità (*off site*), monitoraggi a lungo termine (*in situ*), impossibilità di raggiungere i limiti normativi a causa di scarsa biodisponibilità o elevata tossicità degli inquinanti (ad esempio PCB, DDT, IPA).

Per quanto riguarda le modalità di trattamento, la normativa italiana tende a privilegiare il recupero di aree contaminate tramite tecnologie *in situ*, che presentano una serie di vantaggi. Innanzitutto i costi e gli impatti ambientali risultano essere contenuti e l'assenza di operazioni di scavo e movimentazioni del terreno limitano l'esposizione a sostanze inquinanti riducendo così il rischio igienico-sanitario. Questo determina, inoltre, una maggiore accettabilità da parte dell'opinione pubblica. Le tecnologie *in situ* limitano, infatti, le interazioni con le infrastrutture esistenti, in superficie o interrate, evitando così l'interruzione delle attività produttive durante il periodo di risanamento su quei siti industriali e commerciali non ancora dismessi. Un altro vantaggio da non trascurare, è rappresentato dal fatto che è possibile operare a grandi profondità, anche al di sotto della falda, o in zone diffuse difficilmente raggiungibili con le operazioni di scavo e movimentazioni, ed in alcuni casi è possibile intervenire direttamente sulla sorgente della contaminazione e sui percorsi di esposizione, qualora si operasse con una bonifica con misure di sicurezza. Accanto a questi evidenti vantaggi, le tecnologie *in situ* presentano però delle limitazioni connesse alla non facile

conoscenza delle caratteristiche fondamentali del sottosuolo, quali porosità, eterogeneità dei materiali, coesistenza di fasi diverse, presenza fatturazioni, le quali sono alla base della dispersione degli inquinanti nel sottosuolo e nelle acque sotterranee. Sebbene tali limitazioni siano superabili mediante l'uso di modelli fisico-matematici, a monte non è sempre possibile una reale conoscenza del comportamento dei contaminati nel sottosuolo, degli eventuali reagenti introdotti per stimolare i processi biologici e della risposta del terreno. Di conseguenza, i tempi d'intervento, i relativi costi ed il controllo del livello di decontaminazione raggiunto, sono difficilmente valutabili a priori.

I trattamenti *off site* consentono, invece, un maggior controllo delle condizioni operative, ottimizzando i parametri di processo come, ad esempio, temperatura e tempi di contatto nel caso delle unità di desorbimento termico, oppure umidità, temperatura, eventuali nutrienti e cosubstrati e concentrazione di ossigeno nel caso dei reattori biologici. In tal modo si assicura una maggior resa dei processi, secondo modalità operative più favorevoli di quelle che si hanno in ambiente naturale.

In ultima analisi, tenendo conto dei criteri generali, si può stabilire il seguente ordine di priorità nella selezione delle tecnologie:

- trattamenti mirati alla distruzione degli inquinanti a seguito di processi di degradazione biologica o di reazioni chimico-fisiche di trasformazione (biopile, bioventing, incenerimento);
- trattamenti di mobilizzazione degli inquinanti e loro trasferimento dal terreno o dalle acque sotterranee ad altre matrici ambientali da cui vanno successivamente rimossi (soil vapor extraction, desorbimento termico);
- interventi di inertizzazione o contenimento, tramite cui gli inquinanti vengono trasformati in forme meno tossiche, meno mobili o disponibili al trasferimento all'esterno;
- escavazione dei terreni contaminati, allontanamento dal sito e ricollocazione in depositi confinati, senza intervenire sulla contaminazione.

3.1.1 Parametri ed aspetti tecnici condizionanti l'applicabilità delle tecnologie

L'applicabilità della tecnologia va comunque verificata in funzione di una molteplicità di parametri tra i quali i più importanti sono: la tipologia degli inquinanti, la loro concentrazione e distribuzione spaziale, le caratteristiche della matrice, i volumi di terreno da trattare, l'uso, le dimensioni e la collocazione delle aree su cui si interviene, i costi e gli impatti ambientali connessi alle condizioni operative degli impianti.

I principali parametri da cui dipende l'applicabilità delle tecnologie sono:

- *caratteristiche della matrice*: distribuzione granulometrica, contenuto di argilla o frazione di carbonio organico, pH, capacità di scambio cationico, potenziale di ossidoriduzione, nutrienti, concentrazione di biomassa adattata;
- *caratteristiche del sito*: superficie da risanare, spessore da risanare, profondità della contaminazione da p.c., profondità acquifero, fluttuazione livello di falda, gradiente idraulico della falda, utilizzo dell'area;
- *tipo di contaminazione*: tipo di inquinante, concentrazione di inquinante, obiettivo di risanamento, presenza di cosubstrato, presenza e spessore di NAPL;
- *condizioni operative*: temperatura, pressione/depressione applicata, pH, umidità, additivi, materiale di sostegno tempo di residenza, velocità o frequenza di miscelazione, concentrazione di solidi, concentrazione di biomassa, portata di acqua estratta.

Per la selezione delle tecnologie di bonifica vanno considerati anche altri aspetti tecnici, ambientali, economici e sociali e precisamente:

- affidabilità della tecnologia e sue precedenti applicazioni in campo;
- disponibilità sul mercato dei mezzi e delle apparecchiature necessarie;
- complessità del processo di bonifica ed eventuale necessità di integrazione di diverse tecnologie;
- necessità di trattamento o smaltimento esterno di residui ed emissioni;
- durata delle operazioni di bonifica;
- impatti sulle varie attività produttive in corso nel sito;
- esigenze tecniche specifiche (accessibilità del sito, richiesta di servizi ausiliari, occupazione di superfici, presenza di edifici ed infrastrutture);
- vincoli amministrativi particolari connessi all'ottenimento di licenze ed autorizzazioni;
- rischi di esposizione del personale addetto alla bonifica e della popolazione circostante;
- impatti locali (traffico, rumore, vibrazione, emissioni, odori, polveri);
- limitazioni all'utilizzo futuro dei terreni;
- necessità di monitoraggio a lungo termine;
- costi totali di bonifica, includenti monitoraggio a lungo termine ove necessario;
- accettabilità sociale.

4 Stato dell'arte

La tabella di seguito riportata fornisce una sintetica descrizione dei siti di interesse nazionale, in particolare:

1. nome del sito, ubicazione ed estensione;
2. provvedimento legislativo d'individuazione e perimetrazione del sito stesso;
3. tipologia di contaminazione;
4. stato d'avanzamento degli interventi secondo quanto previsto dal DM. 471/99

Tabella 1.

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Piemonte	Casale Monferrato (AL)	L426/98	D.M. 10/01/2000	73.834 ha	<u>Amianto</u> dovuta all'area industriale Eternit di produzione amianto.	Sito completamente caratterizzato ed in fase di bonifica Sono stati effettuati interventi di messa in sicurezza di emergenza
	Balangero (TO)	L426/98	D.M. 10/01/2000	314 ha	<u>Amianto</u> dovuto alla presenza della miniera di estrazione, alle discariche connesse, alle vasche di decantazione fanghi.	Sito caratterizzato ed in fase di bonifica Sono stati effettuati interventi di messa in sicurezza di emergenza
	Pieve Vergonte (VC)	L426/98	D.M. 10/01/2000	15.148 ha di cui 10.525 ha di aree fluviali	<u>DDT, e altri prodotti chimici</u> dovuti alla presenza degli stabilimenti chimici Enichem; <u>discariche</u> connesse all'impianto.	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito Sono stati effettuati interventi di messa in sicurezza di emergenza

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
	Basse di Stura (TO)	D.M. 468/01	D.M. 08/07/2002	162 ha ca. più 8700 ha aree esterne 135 ha	<u>Rifiuti industriali</u> (sali di fusione di Al, scorie di fonderia, fanghi e morchie) dovute alle industrie presenti nell'area; <u>discariche</u> in parte abusive	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito. Sono stati effettuati interventi di messa in sicurezza di emergenza
	Serravalle Scrivia (AL)	L179/02	D.M. 07/02/2003	74 ha	<u>Rifiuti industriali</u> in particolare melme acide	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito. Sono stati effettuati interventi di messa in sicurezza di emergenza
Valle d'Aosta	Emarese (AO)	D.M. 468/01	D.M. 26/11/2002	14,5 ha	<u>Amianto</u> dovuta alla presenza di una cava; <u>discariche</u> annesse alla cava.	Non è stata attivata alcuna procedura. Non sono in atto misure di messa in sicurezza d'emergenza.

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Lombardia	Sesto S. Giovanni e Cologno M. (MI)	L388/00	D.M. 31/08/2001	255 ha	<u>Rifiuti Siderurgici</u> :metalli pesanti <u>discariche</u> relative all'impianto	Le procedure sono state attivate su tutto il sito Sono in corso interventi di messa in sicurezza di emergenza
	Pioltello e Rodano (MI)	L388/00	D.M. 31/08/2001	84 ha	<u>Prodotti chimici</u> derivanti dal polo chimico presente; <u>discariche</u> relative alle industrie insediate	Le procedure sono state attivate su tutto il sito Sono stati effettuati e sono in atto interventi di messa in sicurezza di emergenza È' in corso un intervento di bonifica
	Cerro al Lambro (MI)	D.M. 468/01	D.M. 08/07/2002	6 ha + 6.193 di aree esterne	Melme acide; olii esausti; terre decoloranti sversate abusivamente in aree Danelli e Montana	Le procedure sono state attivate su tutto il sito. Sono in corso interventi di messa in sicurezza d'emergenza

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
	Milano Bovisa	D.M. 468/01	D.M. 08/07/2002	43 ha	Metalli pesanti, IPA, BTEX e ferrocianuri	Le procedure sono state attivate su tutto il sito. Sono in corso interventi di messa in sicurezza d'emergenza Sono stati effettuati interventi di bonifica
	Brescia Caffaro (BS)	L179/02	D.M. 24/02/2003	262 ha, l'inquinamento però è stato riscontrato anche in zona esterna alla perimentrazione	PCB, Antiparassitari, As, Hg, composti organo clorurati, DDD, DDT, DDE, PCDD/F	Le procedure sono state attivate su tutto il sito Sono in corso d'adozione interventi di messa in sicurezza d'emergenza Sono in corso interventi di bonifica

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
	Laghi di Mantova e polo chimico (MN)	L179/02	D.M. 07/02/2003	1.028 ha di cui 508 ha di sedimenti	Solventi clorurati, solventi aromatici, idrocarburi, MtBE dovuti alla presenza del polo chimico industriale (Enichem, EniPower, Polimeri, Raffineria IES e di aziende minori).	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito Alcune aree sono state restituite agli usi legittimi per quel che riguarda i suoli. Sono stati effettuati e sono in atto interventi di messa in sicurezza d'emergenza
	Broni (PV)	L179/02	D.M. 26/11/2002	13,5 ha	<u>Amianto</u> derivante dall'area industriale ex Fibronit (sia residui di produzione non polverulenti - tubi e lastre - che sfridi e polveri); <u>rifiuti pericolosi</u> presenti in fusti e big-bags contenenti solventi e fanghi e polveri contenenti amianto	Le procedure sono state attivate su tutto il sito. E' in atto un intervento di messa in sicurezza di emergenza.

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Veneto	Venezia Porto Marghera (VE)	L426/98	D.M. 23/02/2000	5.790 ha laguna di cui 2.568 ha di canali	<u>Prodotti chimici</u> derivanti dalla presenza di industrie chimiche; <u>idrocarburi</u> derivanti dalle raffinerie; <u>discariche</u> abusive	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito. Sono state effettuati e sono in atto interventi di messa in sicurezza d'emergenza. Sono stati effettuati e sono in atto interventi di bonifica
	Mardimago –Ceregnano (RO)	D.M. 468/01	D.M. 08/07/2002	56,5 ha	<u>Discarica</u> abusiva con fluff di autoveicoli, sali di conceria e polverino	Le procedure sono state attivate su tutto il sito Nessun intervento di messa in sicurezza d'emergenza e/o di bonifica.

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Friuli Venezia Giulia	Trieste (TS)	D.M. 468/01	D.M. 24/02/2003	1.698 ha di cui 1.196 ha di area marina	<u>Idrocarburi</u> area del porto industriale con ex raffinerie e depositi carburanti; <u>Metalli pesanti</u> attività industriali di vario tipo; <u>Diossine e furani</u> provenienti dall'inceneritore	<p>Le procedure sono state attivate su tutto il sito</p> <p>Parziale messa in sicurezza d'emergenza della area ex Aquila.</p> <p>Alcune aree sono state restituite agli usi legittimi per quel che riguarda i suoli.</p>
	Laguna di Grado e Marano (UD)	D.M. 468/01	D.M. 24/02/2003	11.029 ha di cui 6.831 di laguna	<u>Hg</u> presente nei sedimenti; <u>Prodotti chimici e cellulosa</u> derivante dall'area industriale	<p>Le procedure non sono state attuate su tutto il sito.</p> <p>Sono in corso interventi di messa in sicurezza d'emergenza della falda</p>

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Liguria	Cengio (SV) e Saliceto (AL)	L426/98	D.M. 20/10/1999	22.228 ha	<u>Prodotti chimici</u> derivante dallo stabilimento ACNA; <u>discarica</u> di rifiuti industriali	Le procedure sono state attivate su tutto il sito. Un'area è stata restituita agli usi legittimi per quel che riguarda i suoli. Messa in sicurezza d'emergenza della falda. Interventi di messa in sicurezza e bonifica dei suoli
	Pitelli (La Spezia)	L426/98	D.M. 10/01/2000	22.045 ha di cui 1.564 ha di area marina	<u>Discariche</u> rifiuti urbani, speciali e pericolosi, alcune abusive; <u>Prodotti chimici</u> derivanti da industrie chimiche e da produzione armi; <u>Ceneri</u> dovute alla centrale ENEL <u>Cantieri navali</u>	Le procedure non sono state attuate su tutto il sito. Sono stati effettuati e sono in corso interventi di messa in sicurezza d'emergenza.

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Liguria	Cogoleto - Stoppani (GE)	D.M. 468/01	D.M. 08/07/2002	212 ha di cui 167 ha di area marina.	<u>Cromo</u> dovuto allo stabilimento Stoppani presente nel sito. Rifiuti contenenti diverse tipologie d'inquinanti	Le procedure non sono state attuate su tutto il sito. Messa in sicurezza d'emergenza della falda e dei rifiuti
Emilia Romagna	Sassuolo – Scandiano (MO e RE)	D.M. 468/01	D.M. 26/02/2003	Comprende 9 comuni, individuati 19 siti.	<u>Rifiuti industriali</u> dovuti alla presenza di industrie ceramiche	Le procedure sono state attivate su tutto il sito. Nessun intervento di messa in sicurezza d'emergenza e/o di bonifica. [è stata presentata una MISE per l'area ITS San Biagio]

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
	Fidenza (PR)	D.M. 468/01	D.M. 16/10/2002	18 ha	Prodotti chimici dovuti all'insediamento industriale ex Montecatini – Montedison e da altre industrie; <u>discariche</u> di rifiuti urbani e speciali; fanghi contenenti piombo tetraetile, <u>Ceneri</u>	Le procedure sono state attivate su tutto il sito. Nessun intervento di messa in sicurezza d'emergenza e/o di bonifica. [è stata presentata una MISE per l'area ex CIP]
Toscana	Piombino (LI)	L426/98	D.M. 10/01/2000	2.842 ha di cui 2.015 ha di area marina	<u>Inquinamento atmosferico</u> da polveri, IPA, benzene, NO _x , SO ₂ ; <u>discariche industriali</u> dismesse con rifiuti pericolosi; aree con riempimenti e colmate di residui di lavorazioni industriali attuali e pregresse; IPA e gli inquinanti tipici della distillazione del carbon fossile.	Le procedure sono state attivate su tutto il sito. Sono in corso interventi di messa in sicurezza d'emergenza.

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
	Massa e Carrara (MS)	L426/98	D.M. 21/12/1999	3.537 ha di cui 1.895 ha di area marina	<u>Rifiuti industriali</u> provenienti dagli impianti dismessi (farmaceutici, petrolchimici, siderurgici); <u>discarica di ceneri</u> provenienti dall'inceneritore Cermec, in disuso; <u>rifiuti</u> provenienti dall'industrie marmifere	Sito completamente caratterizzato È in atto un intervento di Messa in sicurezza d'emergenza della falda. Sono in corso interventi di bonifica
	Livorno (LI)	D.M. 468/01	D.M. 24/02/2003	2.072 ha di cui 1.418 di area marina	<u>Metalli pesanti</u> (Pb, Hg, Cu, Zn, Cr) <u>IPA</u> insediamento industriale	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito. Sono in atto interventi di messa in sicurezza di emergenza e interventi di bonifica
	Orbetello area ex Sitoco (GR)	L179/02	D.M. 02/12/2002	335 ha di cui 271 ha di area marina	<u>Metalli pesanti</u> (soprattutto As e Pb contenute nelle ceneri di pirite residue della industria di fertilizzanti chimici)	Le procedure sono state attivate su tutto il sito. È in corso un intervento di messa in sicurezza d'emergenza

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Umbria	Terni Papigno (TR)	D.M. 468/01	D.M. 08/07/2002	655 ha	<u>Rifiuti industriali</u> dovuti all'impianto siderurgico ed annessa discarica; <u>discarica</u> per rifiuti speciali; <u>amianto</u> e <u>PCB</u> presenti nell'impianto A.S.T. e nell'ex stabilimento Papigno.	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito. È in corso un Intervento di messa in sicurezza di emergenza
Marche	Basso bacino Chienti (MC e AP)	D.M. 468/01	D.M. 26/02/2003	3.832 ha di cui 1.191 di area fluviale	<u>Composti organo-alogenati</u> provenienti dalle industrie calzaturiere.	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito Nessuna messa in sicurezza d'emergenza della falda.
	Falconara Marittima (AN)	L179/02	D.M. 26/02/2003	1.274 ha di cui 1166 ha di area marina	<u>Idrocarburi</u> e <u>metalli pesanti</u> dovuti alla presenza dell'impianto API S.p.A., e dello stabilimento ex Montedison.	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito Sono in corso interventi di messa in sicurezza d'emergenza.

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Lazio	Frosinone (FR)	D.M. 468/01	D.M. 02/12/2002	40 ha	<u>Discariche</u> dismesse ed abusive di rifiuti urbani, speciali e pericolosi	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito Messa in sicurezza d'emergenza delle Lame
Abruzzo	Fiumi Saline e Alento (PE e CH)	D.M. 468/01	D.M. 03/03/2003	1.915 ha di cui 778 ha di area fluviale	Rifiuti liquidi da produzione di vernici e solventi, rifiuti ingombranti, fanghi di depurazione	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito E' in atto l'intervento di messa in sicurezza di emergenza della discarica di Montesilvano con integrazioni.
Molise	Guglionesi (CB)	D.M. 468/01	D.M. 16/10/2002	8 ha	<u>Metalli pesanti</u> (prevalenza di Cr e Hg) dovuti alla gestione impropria ed abusiva dell'ex impianto di trattamento rifiuti con annesso impianto di lombricoltura.	Le procedure sono state attivate su tutto il sito Sono in atto misure di messa in sicurezza di emergenza.

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Campania	Napoli orientale (NA)	L426/98	D.M. 29/12/1999	2.266 ha di cui 1.432 ha di area marina	Metalli pesanti, Solventi clorurati, solventi aromatici, dovuti ad attività industriali di vario tipo (chimico-metallurgico-metalmeccanico-manifatturiera)	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito. Sono in atto interventi di messa in sicurezza d'emergenza
	Litorale Domizio – Flegreo Agro Aversano (NA e CE)	L426/98	D.M. 10/01/2000	163.887 ha di cui 22.505 ha di area marina	Discariche diffuse di rifiuti urbani e industriali	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito Sono in atto interventi di messa in sicurezza d'emergenza
Campania	Napoli Bagnoli – Coroglio (NA)	L388/00	D.M. 31/08/2001	2.489 ha di cui 1.494 ha di area marina	Metalli pesanti, amianto dovuto a diverse attività industriali presenti (chimico-siderurgico-cementizie-fertilizzanti)	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito Nessun intervento di messa in sicurezza di emergenza e di bonifica.

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
	Aree del litorale Vesuviano	L179/02	In corso di perimetrazione	8.121 ha	Discariche di varia natura; aree industriali dismesse	Le procedure non sono state attuate su tutto il sito. Nessun intervento di messa in sicurezza e/o bonifica
Puglia	Manfredonia (FG)	L426/98	D.M. 10/01/2000	1.157 ha di cui 853 ha di area marina	Solventi clorurati, solventi aromatici, idrocarburi, prodotti chimici dovuti alla presenza del ex-stabilimento Enichem-Agricoltura Discariche di rifiuti industriali e di RSU ;	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito Sono in corso interventi di messa in sicurezza Sono in corso interventi di bonifica

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
	Brindisi (BR)	L426/98	D.M. 10/01/2000	11.323 ha di cui 5.590 ha di area marina	<u>Idrocarburi, metalli pesanti prodotti chimici</u> legati alle varie realtà industriali presenti sul sito (petrolchimico, ind. metallurgica, ind. farmaceutica, ..); <u>discariche</u> di rifiuti urbani e speciali;	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito Alcune aree sono state restituite agli usi legittimi per quel che riguarda i suoli. Sono in atto interventi di messa in sicurezza di emergenza della falda e interventi di bonifica dei terreni.

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
	Taranto (TA)	L426/98	D.M. 10/01/2000	11.374 ha di cui 6.991 ha di area marina	<p>Discariche, cave dismesse, inquinamento dei suoli da contaminanti organici ed inorganici, metalli, prodotti chimici dovuti al polo industriale (siderurgico-petrochimico-cementizio) presente.</p> <p>Inquinamento delle acque sotterranee da Idrocarburi totali, idrocarburi aromatici, MTBE.</p>	<p>Le procedure non sono state attivate su tutto il sito</p> <p>Alcune aree sono state restituite agli usi legittimi per quel che riguarda i suoli.</p> <p>Interventi di messa in sicurezza d'emergenza della falda</p> <p>Nessun intervento di bonifica</p>
	Bari – Fibronit (BA)	D.M. 468/01	D.M. 08/07/2002	15 ha	<u>Amianto</u> proveniente dell'ex stabilimento di cemento-amianto Fibronit	E' in corso la caratterizzazione del sito

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Basilicata	Tito (PZ)	D.M. 468/01	D.M. 08/07/2002	314 ha	<u>Rifiuti di diversa origine (speciali, pericolosi, assimilabili agli urbani) sia liquidi che solidi</u> tra cui fosfogessi, materie prime, prodotti e rifiuti della produzione di concimi a base di fosforo, rifiuti da demolizioni tra cui amianto, rifiuti da attività siderurgica	<p>Le procedure non sono state attivate su tutto il sito.</p> <p>Alcune aree sono state restituite agli usi legittimi per quel che riguarda i suoli.</p> <p>Non sono in atto né interventi di messa in sicurezza di emergenza, né interventi di bonifica.</p>

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Basilicata	Area industriale Val Basento (MT)	L179/02	D.M. 26/02/2003	3.393 ha	<p><u>Amianto</u> dovuto alla presenza dello stabilimento ex Materit di produzione di manufatti di cemento amianto;</p> <p><u>Prodotti chimici</u> dovuti alla presenza della Centrale Gas con il suo impianto di desolforazione e da altre realtà industriali presenti</p>	<p>Le procedure sono state attivate su tutto il sito.</p> <p>Alcune aree sono state restituite agli usi legittimi per quel che riguarda i suoli.</p> <p>Sono in atto:</p> <p>intervento di messa in sicurezza di emergenza della falda;</p> <p>intervento di messa in sicurezza permanente</p>
Calabria	Crotone – Cassiano – Cerchiara (KR)	D.M. 468/01	D.M. 26/11/2002	2.318 ha di cui 1.452 ha di area marina	<p><u>Metalli pesanti</u> principalmente Zinco e cadmio, dovuti ad attività industriali di vario tipo</p> <p><u>discariche</u> anche abusive di rifiuti industriali speciali e pericolosi</p>	<p>Le procedure non sono state attivate su tutto il sito</p> <p>Alcune aree sono state restituite agli usi legittimi per quel che riguarda i suoli.</p> <p>È stato effettuato un intervento di</p>

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
						confinamento È in corso di attuazione un Intervento di bonifica
Sicilia	Gela (SR)	L426/98	D.M. 10/01/2000	5.358 ha di cui 4.563 ha di area marina	Solventi clorurati, idrocarburi aromatici, prodotti chimici dovuti alla presenza di grandi insediamenti petrolchimici, comprese raffinerie e stoccaggio oli, produzione di cemento-amianto. Discariche di vario tipo.	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito. Interventi di messa in sicurezza d'emergenza della falda con recupero surnatante sulla totalità del sito. Nessun intervento di bonifica

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Sicilia	Priolo (SR)	L426/98	D.M. 10/01/2000	13.451 ha di cui 10.085 ha di area marina	Inquinamento diffuso dovuto alla presenza del petrolchimico Discariche Idrocarburi, metalli pesanti, PCB, MTBE, IPA aromatici, amianto	Le procedure sono state attivate su tutto il sito. Alcune aree sono state restituite agli usi legittimi per quel che riguarda i suoli Sono in corso interventi di messa in sicurezza d'emergenza delle falde superficiale e profonda.
	Biancavilla (CT)	D.M. 468/01	D.M. 08/07/2002	330 ha	<u>Amianto</u> dovuto alla presenza della cava di Monte Calvario e dai molti edifici realizzati con malte ed intonaci prodotti dalla macinazione della roccia asbestica.	Sono in corso interventi di messa in sicurezza d'emergenza

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Sardegna	Sulcis – Inglesiente – Guspinese (CA)	D.M. 468/01	D.M. 12/03/2003	442.573 ha di cui 88.441 ha di area marina (40 comuni inclusi)	Idrocarburi e composti organo-alogenati, metalli pesanti. Discariche	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito. Sono in atto: Messa in sicurezza d'emergenza della falda e di alcune aree; Messa in sicurezza permanente
	Area industriale Porto Torres (SS)	L179/02	D.M. 07/02/2003	4.571 ha di cui 2.741 ha di area marina	Inquinamento diffuso dei suoli da Idrocarburi, metalli pesanti, IPA aromatici, amianto dovuto alla presenza dell'Area industriale, polo chimico Enichem, depositi petroliferi. Discariche di vario tipo.	Le procedure non sono state attivate su tutto il sito. Sono in atto interventi di messa in sicurezza d'emergenza.

Regione	Sito	Provvedimento Legislativo di individuazione del sito	Provvedimento Legislativo di perimetrazione del sito	Area del sito	Tipologia di inquinamento	Stato di avanzamento degli interventi ai sensi del D.M. 471/99
Trentino Alto Adige	Bolzano (BZ)	D.M. 468/01	D.M. 08/07/2002	27 ha	<u>Fanghi</u> ricchi di fluoruro; <u>Rifiuti</u> provenienti dagli impianti di produzione di allumina e magnesio	Le procedure sono state attivate su tutto il sito Messa in sicurezza d'emergenza della falda non necessaria secondo il parere dell'autorità locale. Sono in corso interventi di bonifica, alcuni in attesa di certificazione.
	Trento nord (TN)	D.M. 468/01	D.M. 08/07/2002	24 ha	<u>IPA, solventi aromatici, fenoli</u> dovuti alla presenza dello stabilimento Carbochimica; <u>Metalli pesanti</u> (Pb e Pb organico e Hg) dovuta alla presenza dell'impianto dalla Sloi.	Le procedure sono state attivate su tutto il sito Intervento di messa in sicurezza della falda

4.1 Interventi specifici

Nei paragrafi che seguono è riportata l'analisi degli interventi di bonifica proposti per alcune aree ricadenti all'interno del perimetro dei seguenti siti d'interesse nazionale suddivisi per regioni d'appartenenza:

- *Lombardia*: Brescia-Caffaro, Milano Bovisa, Pioltello-Rodano, Laghi di Mantova e Polo Chimico.
- *Puglia*: Brindisi, Manfredonia, Taranto;
- *Calabria*: Crotone-Cassano-Cerchiara.

Per ciascun intervento sono stati evidenziati i seguenti contenuti:

- Conferenza di servizi decisoria che ne approvava il progetto ed ove presente, individuazione del Decreto autorizzativo;
- Descrizione dell'area;
- Inquadramento morfologico;
- Tipologia, grado ed estensione della contaminazione presente;
- Tecnologia/e previste per la bonifica;
- Tempistiche e costi

4.2 Sito d'interesse nazionale di Brescia-Caffaro - Comparto Milano

Il progetto descritto di seguito è relativo alla bonifica dei terreni dell'area "Comparto Milano", inserita nella perimetrazione del sito di interesse nazionale "Brescia-Caffaro". Il progetto è stato approvato nella Conferenza di Servizi Decisoria del 5 settembre 2003, ed autorizzato con Decreto interministeriale del 29 Aprile 2004.

4.2.1 Descrizione del sito

L'area di intervento è costituita da porzioni di varie aree, sulle quali sorgevano gli ex insediamenti industriali dimessi dell'acciaieria Bisider, dell'Europa Metalli e dell'ATB. Allo stato attuale le aree sono interessate da progetti di riqualificazione urbanistica che prevedono diverse destinazioni d'uso.

4.2.2 Geologia ed idrogeologia dell'area

Il territorio su cui sorge l'area in esame, è costituito da rilievi collinari carsificati che circondano un'ampia pianura generata dal conoide del fiume Mella, nella quale sono sovrapposti i sedimenti pleistocenici ed olocenici di natura alluvionale. Il sottosuolo dell'area è caratterizzato da ghiaie e sabbie con locali lenti di argilla e limo.

All'interno dei depositi alluvionali si possono distinguere due acquiferi principali, sovrapposti e separati da livelli di bassa permeabilità.

L'acquifero superficiale avente spessore di 90m, è formato da depositi ghiaiosi e sabbiosi dell'Olocene che, ad una profondità variabile compresa fra 30 e 40 m dal p.c., si alternano a depositi conglomeratici del Pleistocene; è dotato di buona permeabilità ($10^{-3} \text{ m/s} < K < 10^{-5} \text{ m/s}$) ed elevata trasmissività.

L'acquifero profondo presenta una bassa permeabilità ed è separato dall'acquifero superficiale da livelli argillosi continui di spessore significativo.

La falda presenta una depressione in corrispondenza dell'area industriale, dovuta all'intenso emungimento da parte delle industrie sorgenti sull'area in esame dal primo dopoguerra in poi.

4.2.3 Stato della contaminazione

4.2.3.1 Suoli

Le analisi effettuate sulla qualità dei suoli, hanno evidenziato:

- contaminazione da: idrocarburi pesanti ($C > 12$), PCB, IPA, Diossine e Furani;
- contaminazione da metalli pesanti, in misura ampiamente variabile per i differenti parametri e per la diversa destinazione d'uso delle differenti aree;

- distribuzione omogenea della contaminazione, principalmente superficiale caratterizzata da una netta diminuzione della stessa con la profondità e la scomparsa di qualunque superamento al di sotto dei 5 m dal p.c., con l'eccezione di alcuni punti dove si rilevano concentrazioni di inquinanti anche a profondità maggiori.

4.2.3.2 Acque sotterranee

Le acque di falda prelevate nell'area presentano una contaminazione diffusa da solventi organici clorurati: cloroformio, tetracloruro di carbonio, dicloroetano ed in particolare tricloroetilene e tetracloroetilene dovuti probabilmente a vecchie contaminazioni della falda, antecedenti alle attività svolte in passato sull'area,. In alcuni piezometri sono stati evidenziati i superamenti dei limiti per Ferro, Alluminio, Manganese e in un piezometro un superamento dei limiti per l'Arsenico..

4.2.4 Caratteristiche del progetto

4.2.4.1 Obiettivi della bonifica

L' obiettivi dell'intervento di bonifica proposto è:

- rimuovere la contaminazione nel terreno riducendo le concentrazioni degli inquinanti sino a al raggiungimento di valori di concentrazione inferiori a quelli previsti dalla normativa per i suoli ad uso residenziale e verde pubblico e per i suoli ad uso industriale ove previsto.

La tecnica proposta è rappresentata dall'escavazione di terreno, inizialmente fino ad una profondità minima di 50 cm in base al livello della contaminazione si proseguirà secondo piani di scavo successivi orizzontali di 20-30 cm, fino al fondo non contaminato. Successivamente in base al test di cessione dell'eluato sulla frazione fine seguirà un'eventuale vagliatura e successivo lavaggio del sopravaglio, e riutilizzo dei terreni in situ, qualora recuperabili per i ripristini nelle aree ad uso commerciale, per il riempimento delle fosse. Nel caso in cui i terreni presentino caratteristiche chimiche superiori ai limiti d'accettabilità, gli stessi saranno conferiti in impianti esterni di smaltimento e recupero idonei alle caratteristiche del rifiuto prodotto.

In tabella sono schematizzati i quantitativi di terreno che saranno movimentati nelle operazioni di bonifica

Scorie	20.250
Volumi di terreno conforme ai limiti per i siti ad uso residenziale (mc)	22.442
Volumi di terreno conforme ai limiti per i siti ad uso commerciale (mc)	80.610
Volumi di terreno non conforme ai limiti per i siti ad uso commerciale (mc)	49.921
Totale	173.233

4.2.4.2 Impianto di soil washing

L'impianto di soil washing servirà a trattare quella parte del materiale di sopravaglio con l'eluato al test di cessione non conforme ai limiti richiesti. La scelta di utilizzare l'impianto di vagliatura e di soil washing dipenderà sostanzialmente dal contenuto della frazione limosa-argillosa del suolo da trattare e questo sarà verificato col procedere delle fasi di bonifica. L'impianto sarà dotato di un sistema di ricircolo delle acque di lavaggio, che dopo una stazione di sedimentazione, saranno riutilizzate fino alla saturazione, dopo di che sia il fango sia l'acqua saranno smaltiti come rifiuti in una piattaforma di trattamento regolarmente autorizzata.

4.2.5 Possibili destinazioni dei terreni e dei rifiuti provenienti dall'attività di bonifica

- *Terreni non conformi ai limiti stabiliti per i suoli ad uso commerciale o industriale:* si prevede l'invio all'impianto di vagliatura per separare la frazione del sottovaglio (contaminata) e la frazione del sopravaglio non contaminata. Per questi ultimi è previsto il lavaggio nell'impianto di soil washing abbinato al vaglio, oppure smaltimento in impianti esterni autorizzati.
- *Scorie di acciaieria:* smaltimento in discarica 2 A, previo risultato positivo del test di cessione dell'eluato. Altrimenti è previsto smaltimento in discarica 2B.
- *Materiale da demolizione:* recupero in situ per operazioni di riempimento di fosse se il test è conforme ai limiti stabiliti dal Regolamento. In caso contrario è previsto smaltimento in discarica per rifiuti inerti.
- *Sopragaglio:* generato dall'impianto di vagliatura e lavato nell'impianto di soil washing, sarà riutilizzato in situ o ex-situ. In alternativa sarà smaltito in discarica per rifiuti speciali.

I terreni, conformi alle CLA, saranno riutilizzati nelle aree interne

4.2.6 Tempistica

In termini di tempistica assoluta, considerando la sovrapposizione delle fasi, si può ipotizzare che l'intervento richieda tra i 16 e 17 mesi.

4.2.7 Previsione dei costi di bonifica

La stima dei costi di bonifica prevede:

- costi operativi: 5.088.405 euro;
- costi per le analisi: 822.360 euro

Per un totale di: 6.043.765 euro

4.3 Sito d'interesse nazionale di Brescia-Caffaro – Area Ex-Pietra

Il progetto descritto di seguito è relativo alla bonifica dei terreni dell'area "Ex-Pietra", inserita nella perimetrazione del sito di interesse nazionale "Brescia-Caffaro". Il progetto di bonifica è stato approvato nella Conferenza di Servizi Decisoria del 20 febbraio 2004.

4.3.1 Descrizione del sito

L'area oggetto della bonifica è interessata da progetti di riqualificazione urbanistica che prevedono una destinazione d'uso di tipo residenziale e commerciale/industriale. L'estensione della superficie è di 10.750 mq.

4.3.2 Geologia ed idrogeologia dell'area

Il sito in oggetto è inserito in un territorio morfologicamente in gran parte pianeggiante. L'elemento idrografico più importante è il Vaso Fiume Grande Inferiore che attraversa il sito in oggetto e costeggia l'insediamento produttivo dismesso.

La successione delle unità litostratigrafiche con comportamento idrogeologico omogeneo è, dall'alto verso il basso:

- *Unità ghiaioso sabbiosa* costituita dalle prevalenti sabbie e ghiaie, localmente in matrice limo-argillosa. Tali terreni sono caratterizzati da una buona permeabilità, in grado di alimentare la falda ivi presente. Lo spessore dell'unità è compreso fra i 25 e 40 m circa.
- *Unità fluvioglaciale Mindel Riss* costituita da depositi fluvioglaciali mindeliani e rissiani. In essa si succedono livelli conglomeratici, ghiaiosi, sabbiosi, limo-argillosi. Presenta una modesta permeabilità, con valori più elevati in corrispondenza degli strati ghiaiosi e di conglomerato fessurato. E' presente un secondo strato acquifero. L'unità ha uno spessore variabile da 35 a 45m circa. Il livello argilloso superiore, rilevabile alla profondità di 25-30m circa, funge da separatore con gli strati acquiferi superiori.
- *Unità Villafranchiana* costituita da depositi continentali del Pleistocene inferiore formata da limi, limi sabbiosi e argillosi. Presenta scarsa permeabilità pertanto costituisce il letto degli acquiferi soprastanti.
- *Substrato roccioso*: costituito dalle formazioni calcaree e calcareo marnose giurassiche. Presenta una permeabilità per fatturazione e carsismo.

Il livello della falda acquifera superficiale è 25/26 m dal p.c. con direzione prevalente E-W.

4.3.3 Stato della contaminazione

4.3.3.1 Suoli

Le indagini effettuate sul sito hanno evidenziato una contaminazione da metalli, idrocarburi pesanti, IPA e PCB con concentrazioni superiori ai limiti stabiliti dal D.M. 471/99 per la specifica destinazione d'uso delle aree campionate. Ove presente, l'estensione della contaminazione è limitata al tetto del terreno naturale, caratterizzato da una bassa permeabilità, a contatto con il terreno di riporto. Mediamente la contaminazione è confinata nei primi 1,5m, solo nell'intorno di un piezometro (Pz 3) a nord-ovest dello stabilimento, è stata riscontrata la presenza di una leggera contaminazione fino a 6m di profondità da p.c.

4.3.3.2 Acque sotterranee

Le determinazioni analitiche svolte, mostrano il superamento dei limiti per Cromo VI, assente nei suoli ma ampiamente diffuso nella falda di tutto il comune di Brescia, e solventi organici alogenati.

4.3.4 Intervento di bonifica

L'intervento proposto prevede:

- l'escavazione del terreno contaminato;
- il trattamento di vagliatura per separare la frazione fine, cui è associata la contaminazione, dalla parte grossolana;
- analisi delle due frazioni per definirne le modalità di trattamento, recupero e/o smaltimento.

4.3.4.1 Movimentazione di terreno

In base all'entità della contaminazione ed alla tipologia di intervento di recupero previsto, sono state individuate le seguenti modalità:

- Eliminazione dei punti contaminati individuati mediante escavazione selettiva fino ad una profondità di 2 m ed invio in discarica;
- Aree a futura destinazione residenziale/verde: rimozione del materiale e terreno superficiale fino ad una profondità di circa 30 cm nella parte destinata a verde, e di circa 2 m nella parte a futura destinazione residenziale- edificabile;
- Aree a futura destinazione industriale/commerciale: rimozione del materiale e terreno superficiale fino ad una profondità di 30 cm.

Il quantitativo di materiale contaminato da eliminare mediante escavazione selettiva ed invio a discarica è stimato in circa 600 m³ per una superficie complessiva di 300 m². Tuttavia, a

seguito della prevista asportazione di parte del materiale di riporto presente nel sito, i quantitativi di materiale interessati aumentano a 4.680 m³ di cui:

- 3.360 m³ prelevati da aree a futuro uso residenziale/verde;
- 1.320 m³ prelevati da aree a futuro uso commerciale/industriale.

Una schematizzazione dell'intervento è fornita nella tabella seguente.

Uso	Tipo d'intervento	Area (m²)	Profondità scavo (cm)	Volume (m³)	Volumi totali da movimentare
Area edificabile	Scavo di bonifica	1.700	200	2.700	3.360
Verde	Scotico	2.200	30	660	
Comm/industriale		4.400	30	1.320	1.320
Totale					4.680
	Eliminazione 12 hot-spots	300	200	600	

4.3.4.2 Vagliatura e stoccaggio

La vagliatura dei terreni provenienti sia dalle aree di scortico sia dallo scavo di bonifica vero e proprio è di tipo on-site, al coperto per limitare la diffusione di polveri derivate da movimentazioni del materiale. Per evitare la miscelazione dei terreni a diverso grado di contaminazione, riducendo così al minimo gli effetti di diluizione, sono state individuate aree omogenee in base alle caratteristiche di similitudine delle aree indagate. Pertanto la vagliatura sarà effettuata separatamente per partite di terreno omogenee, alla quale seguirà lo stoccaggio separato delle stesse e l'analisi chimica.

Complessivamente il volume vagliato è stimato in 4.495 m³ da effettuare in circa 3 settimane. Per ogni intervento è prevista una durata media della vagliatura di 2 giorni.

4.3.4.3 Stoccaggio

Per i terreni prelevati dai punti contaminati lo stoccaggio avrà durata massima di mezza giornata, in attesa di essere conferito in discarica. Il terreno vagliato verrà collocato in:

- una tensostruttura allestita nella zona sud-Est del sito, avente fondo impermeabilizzato;
- un'apposita area, esterna all'area coperta, munita di pavimentazione in cemento armato ricoperta da telo in PVC

Faranno da copertura al materiale stoccato teli di PVC per contenere la diffusione di eventuali polveri e proteggere il terreno stoccato dalle piogge evitando fenomeni di percolazione. Per la raccolta dell'eventuale percolato sarà istituito un impianto costituito da due pozzetti, una pompa di sollevamento, un serbatoio di accumulo da 5 m³ e vasca di contenimento.

4.3.4.4 Destinazione del materiale vagliato

Il materiale vagliato subirà le seguenti possibili soluzioni:

- Riutilizzo nel sito, previo rispetto dei limiti, per realizzazione di opere civili come sottendi stradali, riempimenti, colline;
- Invio a trattamento di lavaggio in impianto autorizzato ex-situ e successivo eventuale riutilizzo ex-situ;
- Invio in discarica.

4.3.5 Cronoprogramma degli interventi

L'espletamento dell'intero intervento è stato stimato in circa 5 mesi così suddivisi:

- Individuazione fornitori ed affidamento lavori : 2 mesi;
- Interventi di bonifica quali allestimento cantieri, scavi e movimentazioni, vagliatura e stoccaggio, caratterizzazione cumuli, demolizioni: 3 mesi;

4.3.6 Costi

La stima dei costi è riportata nella tabella successiva:

Riepilogo	Euro
Allestimento cantiere, allacciamento utilities, esercizio e ripristino luoghi a fine attività di bonifica	€ 28.500,00
Installazione capannone in tensostruttura per operazioni di trattamento	€ 60.000,00
Trasporto e movimentazione interni	€ 14.000,00
Impianto di vagliatura	€ 35.000,00
Stoccaggio terreni all'esterno della tensostruttura	€ 3.500,00
Smaltimento dei terreni contaminati	€ 375.000,00
Demolizioni finali	€ 1.000,00
Monitoraggio idrochimico	€ 5.000,00
Realizzazione, esercizio sistemi di monitoraggio e relative determinazioni analitiche-collaudo	€ 35.000,00
Apprestamenti di sicurezza	€ 10.000,00
Totale generale	€ 567.000,00

4.4 Sito d'interesse nazionale di Brescia-Caffaro – Area Case del Sole

Il progetto descritto di seguito è una proposta di intervento per la bonifica dei terreni dell'area "Case del Sole", inserita nella perimetrazione del sito di interesse nazionale "Brescia-Caffaro".

4.4.1 Descrizione dell'area

Il sito, ubicato nel comune di Brescia, è al ridosso dell'insediamento produttivo della Ideal Standard e delimitato a sud dalla linea ferroviaria Brescia-Valcamonica.

La superficie totale dell'area è pari a 24.450 mq, di cui 8.750 mq edificati o adibiti a piazzale e 15.700 mq lasciati a verde incolto con sue pertinenze.

Il sito è attualmente costituito dalle seguenti strutture:

- Insediamenti residenziali fatiscenti (ca 3.100 mq), di cui una porzione in passato fu sede di attività di autofficina;
- Piazzale asfaltato adibito a parcheggio (ca 5650 mq), di cui una porzione in passato fu sede di attività di distribuzione di carburante;
- Area verde attualmente incolta e sue pertinenze (ca 15.700 mq), la parte incolta è stata interessata in passato da pratica agricola seminativa.

Negli ultimi anni si sono susseguite numerose ordinanze comunali per cercare di fronteggiare la grave situazione di degrado urbanistico dell'area.

Sull'area è stato proposto un progetto di riqualificazione urbana che prevede i seguenti interventi:

- demolizioni delle strutture esistenti;
- realizzazione dei nuovi edifici residenziali;
- realizzazione di aree ad uso misto commerciale –uffici-residenziale;
- realizzazione di un parco attrezzato.

Le superfici interessate sono evidenziate in tabella.

Aree a destinazione d'uso Residenziale/verde pubblico e privato	Mq
Aree di riedificazione residenziale (private e pubbliche)	8.419
Area a parco verde	9.357
Area parco con attrezzatura (asilo)	1.214
TOTALE 1	18.990
Aree a destinazione d'uso Commerciale/industriale	Mq
Aree di parcheggio a raso	3.192
Aree stradali e relativi percorsi	2.268
TOTALE 2	5460
TOTALE superfici di intervento	24.450

4.4.2 Geologia ed idrogeologia dell'area

L'area in esame è collocata in corrispondenza dell'ampio conoide alluvionale prodotto dal fiume Mella. L'originaria morfologia del territorio è stata fortemente modificata dagli interventi di urbanizzazione. Si susseguono, proseguendo verso il basso:

- unità ghiaioso-sabbiosa, di età olocenica con lenti limoso-argillose con bassa permeabilità, di spessore pari a 39 mt,
- unità conglomeratica costituita da materiali conglomeratici, sabbiosi ed arenari;
- argille limose grigio-azzurre con intercalazioni ghiaiose-sabbiose e rare lenti torbose.

L'unità ghiaioso-sabbiosa e l'unità conglomeratica sono sede di una falda libera che circola all'interno delle due unità su livelli sovrapposti, separati da orizzonti a minore permeabilità. La soggiacenza della falda è variabile e generalmente compresa tra 24 e 32 mt dal p.c.

4.4.3 Stato della contaminazione

Le indagini condotte in fase di caratterizzazione del sito hanno evidenziato una lieve contaminazione del suolo da Piombo, Zinco, PCB e diossine, limitata allo strato superficiale di terreno (primi 20 cm dal p.c.). Ciò induce a pensare che l'origine dell'inquinamento sia attribuibile a cause e fonti esterne al perimetro del sito.

4.4.3.1 Suoli

Le attività di caratterizzazione del sito hanno evidenziato una situazione di lieve contaminazione dello strato superficiale del suolo (nei primi 20 cm dal p.c.) da Piombo, Zinco, PCB e Diossine.

4.4.3.2 Acque sotterranee

Solo in un piezometro, ubicato a monte in senso idrogeologico, si è osservato un superamento relativo a tetracloroetilene e cloroformio. Bisogna tuttavia osservare che la contaminazione non è imputabile al sito in quanto il sito non è mai stato oggetto d'attività produttive.

4.4.4 Interventi di bonifica

L'entità della contaminazione riscontrata e la diversa tipologia di intervento di recupero prevista per diverse aree, hanno portato all'individuazione di due strategie differenti e indipendenti di bonifica. È prevista, pertanto, una bonifica per fasi (Fase 1 e Fase 2) intesa come semplice separazione temporale degli interventi sulle aree in questione. Entrambe le fasi saranno precedute da operazioni di pulizia del sito.

4.4.4.1 Fase 1

Riguarda gli interventi di bonifica nella zona attualmente edificata o adibita a piazzale e in una porzione di campo agricolo. L'area complessiva ha una superficie pari a 12.550 mq, di cui 9.640 mq, saranno interessati da operazioni di riedificazione e connessa viabilità, mentre i restanti 2.910 mq saranno occupati da strutture commerciali/industriali (parcheggi/viabilità).

L'intervento nel complesso è articolato in due sottofasi: fase 1a e fase 1b.

La prima prevede l'eliminazione di punti contaminati in cui si è riscontrato un superamento delle CLA per:

- Piombo e Zinco, entro i primi 20cm da p.c.;
- PCB, entro i primi 180cm da p.c.

Si propone lo scavo di un'area di 3m per 3m circoscritta a ognuno dei punti per una profondità di 2m. Il volume complessivo scavato sarà circa di 40 m³ da conferire in adeguata discarica per smaltimento.

La seconda prevede l'eliminazione di terreno superficiale contaminato da metalli pesanti. La contaminazione, infatti, è di tipo esteso.

Inizialmente è previsto lo scavo di un'area pari a 6.340 mq fino ad una profondità di 35 cm dal p.c. Nel caso il fondo scavo presenti ancora un superamento delle CLA, l'escavazione potrà continuare per spessori successivi di 20-30 cm fino al raggiungimento del fondo collaudabile. In prima ipotesi si invieranno a discarica circa 2.220 mc di terreno contaminato.

4.4.4.2 Fase 2: Intervento di bio-fitobonifica

La seconda fase del progetto riguarda una zona agricola incolta di superficie pari a 11.900 mq. Una porzione di quest'area, pari a 9.350 mq, sarà interessata dalla realizzazione di un parco e di alcune strutture residenziali, mentre i restanti 2.550 mq saranno occupati da strutture commerciali/industriali (parcheggi/viabilità). I contaminanti presenti comprendono metalli pesanti (Pb, Zn), PCB e Diossine-furani, come illustrato in tabella seguente.

Parametro	Concentrazione Limite Ammissibile (mg/kg)	Concentrazioni		
		Minima	Massima	Media
Piombo	100	205	283	226,6
Zinco	150	232	480	309,4
PCB	0,001	0,01	0,12	0,052
Diossine	1•10 ⁻⁵	1,7•10 ⁻⁵	2,2•10 ⁻⁵	1,9•10 ⁻⁵

Il progetto prevede l'applicazione di una tecnica di bio-fitobonifica all'intera superficie da adibire ad uso verde/residenziale (9.350 mq) e su una porzione dell'area a destinazione commerciale/industriale (circa 1214 mq di superficie nella zona sud-ovest del sito su i 2.550 mq totali), nella quale sarà realizzato un parco con attrezzatura asilo.

Lo scopo di questo intervento è rimuovere i contaminanti presenti nel suolo (Piombo, Zinco, PCB, Diossine-furani) tramite la duplice azione di "fitoriduzione" e "fitoestrazione" operata da esemplari di girasole (*Helianthus annuus*) coltivati sull'area da trattare. La scelta del girasole è stata guidata dai risultati positivi ottenuti da una sperimentazione condotta dallo stesso studio proponente il progetto di bonifica su un'area di 25 mq durante il periodo estivo 2003. La sperimentazione ha evidenziato che i contaminanti vengono assorbiti principalmente nel sistema radicale: le radici dei girasoli si estendono infatti fino a 60-80 cm di profondità, pertanto si prestano bene nel caso in oggetto, rimuovendo la contaminazione nei primi 20-40 cm di suolo.

Una volta realizzati gli interventi preliminari di pulizia, si procederà con l'applicazione vera e propria della tecnica di bio-bonifica. Sono previsti due cicli colturali, per una durata complessiva del trattamento di 1 anno. Verranno utilizzati ibridi precoci di girasole, solo nel caso in cui si verificano al termine di un ciclo forti attacchi fungini si provvederà ad un avvicendamento colturale. Di seguito si riportano le operazioni da compiere durante i due cicli colturali. I periodi riportati sono indicativi, in quanto dipendenti dalle condizioni climatiche, meteorologiche e dallo sviluppo delle piante.

- Primo ciclo: si esplicherà da febbraio a luglio. Inizialmente si preparerà il terreno tramite dissodamento, aratura superficiale. Successivamente si proseguirà con semina (densità prevista circa 7 piante/mq), e l'aggiunta di attivatori per favorire lo sviluppo dell'attività microbica e contemporaneamente fungere da concimi organici, irrigazione (eventuale). In ultima fase si passerà alla raccolta nella fase di maggiore sviluppo delle piante; è prevista completa asportazione degli apparati epigei e, con apposito macchinario, degli apparati radicali, per una profondità media di 25-30 cm.
- Secondo ciclo: da luglio ad ottobre, che riproporrà le stesse attività svolte nel primo ciclo.

Nel caso in cui il trattamento di bio-fitobonifica attuato per due cicli colturali non riesca ad abbattere le concentrazioni di inquinanti raggiungendo i limiti tabellari relativi alle rispettive destinazioni d'uso, si procederà con i seguenti interventi:

- scotico dei primi 35 cm di terreno superficiale; qualora il fondo scavo (dopo il primo scotico) non sia collaudabile si proseguirà fino al raggiungimento di terreno pulito;

- smaltimento ex situ del terreno scoticato.

4.4.5 Piano di monitoraggio

Il piano di monitoraggio previsto riguarderà il suolo, le piante, la falda.

Il suolo dell'area di bio-fitobonifica dovrà essere monitorato due volte durante ogni campagna:

- all'inizio del ciclo produttivo prima della semina;
- al termine del ciclo produttivo prima del raccolto;

La campagna di campionamento, prevederà:

- 2 campioni superficiali prelevati entro i primi 20cm dal p.c.
- 2 campioni più profondi prelevati tra 40 e 60 cm dal p.c.

I parametri analizzati saranno: Piombo, Zinco, PCB, diossine e furani, ed in base alla capacità fitoestrattiva riscontrata si valuterà la necessità di proseguire con un'altra campagna.

La falda sarà monitorata 2 volte: all'inizio degli interventi di bonifica (fase 1 a e fase 1b) ed una al termine degli stessi. Mediante i due piezometri presenti si effettueranno un monitoraggio piezometrico, finalizzato alla valutazione delle oscillazioni piezometriche, ed uno idrochimico, finalizzato all'indagine di Piombo, Zinco, PCB.

4.4.6 Durata e costi previsti dell'intervento

Per le attività di bonifica, si prevedono:

- fase 1 a: (scavo e collaudo): 2 mesi;
- fase 1 b: (scavo e collaudo): 3 mesi;
- fase 2 (bio-fitobonifica): 7 mesi;

Poiché si tratta di operazioni indipendenti le diverse fasi potranno attuarsi separatamente e parallelamente, quindi nel complesso si prevede di completare la bonifica nell'arco di 1 anno.

4.5 Sito d'interesse nazionale di Milano Bovisa

Il progetto descritto di seguito è relativo alla bonifica dei terreni dell'area "Museo del Presente", inserita nel sito di interesse nazionale "Milano Bovisa". Il progetto è stato approvato nella Conferenza di Servizi Decisoria del 23 dicembre 2002.

4.5.1 Descrizione dell'area

L'area ha una superficie di ca. 12.000 mq ed è collocata nella parte sud-orientale dell'area "Bovisa Gasometri". In passato l'area è stata interessata da attività industriale connessa alla produzione di gas, attualmente è prevista la realizzazione del "Museo del Presente- Bovisa Contemporary.

4.5.2 Stato della contaminazione

4.5.2.1 Suoli

La campagna d'indagine è stata condotta mediante prelievo di campioni alla profondità di 1m dal p.c. ed a fondo scavo nelle aree soggette ad escavazione ai fini edilizi. Le analisi hanno evidenziato:

- Una contaminazione uniforme dovuta ad idrocarburi leggeri ($C<12$) negli strati superficiali di terreno (terreno di riporto), da riferirsi al superamento delle CLA per siti ad uso verde pubblico, privato, residenziale;
- Contaminazione di tipo puntuale da Piombo, IPA, benzo(a)pirene, benzo(b,k)fluoroantene, con superamento delle CLA previsti per siti ad uso verde pubblico, privato, residenziale ed occasionalmente superamento delle CLA previsti per i siti ad uso commerciale e industriale;
- Presenza di due strati di catrame centimetrici, intervallati da uno strato di ghiaia e ciottoli dello spessore di 1m, con funzione impermeabilizzante sottostanti uno dei due gasometri.

4.5.3 Intervento di bonifica

In virtù della contaminazione riscontrata si è previsto un intervento di asportazione e stoccaggio iniziale durante il quale si effettuerà un'analisi chimica del terreno. Seguirà un secondo stoccaggio a lungo termine nella attesa dello smaltimento finale.

4.5.3.1 Asportazione del terreno

Su tutta l'area in oggetto è inizialmente asportato il primo metro di terreno, per un volume complessivo di 12.000 m³. L'asportazione dei nuclei contaminati è effettuata mediante scavi di limitata dimensione partendo dal centro della contaminazione ed estendendosi fino ad includere l'area contaminata alle profondità previste dal progetto. Il volume complessivo derivante dalla rimozione degli hot-spots individuati è pari a ca. 1600 m³.

4.5.3.2 Bonifica dei terreni relativi all'area interessata dagli scavi edilizi

Nelle aree circostanti i due gasometri, a seguito di attività di scavo necessarie per la ristrutturazione degli stessi, la bonifica proseguirà con successive escavazioni di terreno di modesta entità, sia come superfici, sia come profondità. Gli sbancamenti saranno limitati all'anello attualmente occupato dal terrapieno circostante il gasometro "1", ed all'asse centrale del gasometro "2" per l'esecuzione dei corridoi d'accesso. La profondità di scavo prevista è di ca. 4 m. La contaminazione poco rilevante riscontrata nei terreni circostanti il gasometro "1" permette il riutilizzo dello stesso all'interno dell'area previa compatibilità dei limiti stabiliti per destinazione d'uso prevista.

Per i terreni sottostanti il gasometro "2" il trattamento sarà differente a seguito della evidente contaminazione dovuta alla presenza di frammenti dell'impermeabilizzazione del fondo del gasometro, costituito da due strati di catrame. Pertanto l'intervento previsto è mirato alla rimozione degli strati e del terreno sottostante quindi opportunamente smaltiti in impianti esterni. Nella tabella seguente sono schematizzati i volumi stimati.

Stima volumi da scavare a fini edilizi	m³
Terrapieno gasometro "1"	3.766,00
Locali perimetrali gasometro "1"	11.402,00
Area interna gasometro "2"	1.684,00
Locali tecnici gasometro "2"	2.766,00
Fognature interne gasometro "1"	142,00
Ingresso provvisorio gasometro "1"	390,00
Escavazioni aggiuntive di servizio	8.791,76
Totale scavo edilizio	28.942,00

4.5.3.3 Stoccaggio dei materiali

Area di stoccaggio temporaneo

L'area prescelta adiacente i gasometri, ha una superficie di circa 2500 m², risulta già impermeabilizzata e dotata di un sistema di caditoie convoglianti le acque piovane in fognatura. Lo stoccaggio è limitato nel tempo quanto più possibile e finalizzato alla caratterizzazione dei terreni secondo il grado di contaminazione per il successivo corretto smaltimento/recupero. Nel caso in cui il terreno risulti contaminato sarà inviato nell'area di stoccaggio a lungo termine, in caso contrario potrà essere riutilizzato all'interno dell'area o smaltito in discarica per inerti.

Area di stoccaggio a lungo termine

I terreni contaminati saranno conferiti nell'area in esame ubicata a nord-ovest dei gasometri dove è prevista una suddivisione a seconda che le concentrazioni di contaminanti presenti superino le CLA per le due tipologie di destinazioni d'uso, in attesa del ripristino ambientale o del trattamento/smaltimento individuati nel progetto di bonifica dell'area Milano-Bovisa.

L'area, avente capacità di ca. 13.000 m³, è circondata da un cordolo perimetrale di altezza minima di 25 cm, il fondo è impermeabilizzato con un manto bituminoso e presenta un sistema di caditoie con tubazioni interrate convoglianti in una vasca a tenuta di volume pari a 10.000 m³.

4.5.4 Durata dell'intervento

Le operazioni di asportazione dei nuclei contaminati e del primo metro di terreno, smaltimento/recupero si prevede che abbiano una durata non superiore a 30 gg. Le operazioni di verifica degli scavi di bonifica si svilupperanno in congruenza con la tempistica di realizzazione delle attività edilizie. La durata sarà altresì condizionata dalle operazioni di verifica, soggette ai tempi necessari al campionamento e analisi chimica, tuttavia si prevede di espletare le operazioni in ca. 230 gg. Complessivamente la durata dell'intervento sarà di 360 gg

4.6 Sito d'interesse nazionale di Pioltello-Rodano

Il progetto descritto di seguito è relativo alla bonifica dei terreni delle aree di proprietà Italferr su cui passa la linea ferroviaria Pioltello-Treviglio interne al sito di interesse nazionale di "Pioltello-Rodano". Il progetto è stato approvato nella Conferenza di Servizi Decisoria del 20 settembre 2004.

4.6.1 Descrizione dell'area

Le aree in oggetto appartengono alla fascia di terreno tra i km 12.550 e 13.950 della linea ferroviaria Milano-Venezia e ricadono nella porzione sud del comune di Pioltello, avente destinazione d'uso commerciale- industriale. Le aree non sono mai state sede di attività industriale, in quanto di pertinenza della linea ferroviaria.

Sull'area in esame sorgerà, in affiancamento all'esistente, il nuovo tracciato ferroviario. L'estensione complessiva dell'area è di circa 7 km².

L'area è costituita da 4 porzioni di terreno, vicine ma non contigue, allineate in direzione Est-Ovest e caratterizzate da una notevole estensione longitudinale ma limitato sviluppo Nord-Sud.

4.6.2 Geologia ed idrogeologia dell'area

Il territorio indagato sorge in una zona caratterizzata dall'assenza di rilievi significativi. L'area è formata da una successione di sedimenti di età pliocenica e da deposizioni fluvio-glaciali. Schematicamente si possono individuare le seguenti stratificazioni, partendo dal p.c.:

- materiali di riporto piuttosto eterogenei costituiti da ballast ferroviario e quantità variabili di pezzame di laterizi e materiale ghiaioso, avente spessore di ca. 2m;
- unità ghiaioso-sabbiosa di origine fluvio-glaciale avente spessore di ca. 5m;
- unità sabbioso-ghiaiosa di origine fluvio-glaciale di spessore variabile da 2,5 a 8m;
- unità a conglomerati e arenarie, più o meno cementate, nota, da un punto di vista stratigrafico, con il nome di "Ceppo" di ca. 14m;
- unità sabbioso-argillosa (spessore di ca. 8m);
- unità argillosa (spessore di ca. 3-4m);

Dal punto di vista idrogeologico, il sottosuolo può essere suddiviso in tre unità definibili dalla struttura geologica presente. E' possibile, perciò, individuare:

- un primo acquifero superficiale avente spessore di circa 30-40m, caratterizzato da una falda freatica la cui soggiacenza oscilla tra 10 m e 5 m con direzione del flusso di falda NNW-SSE;

- un secondo acquifero avente spessore di 10-15 m separato da quello sovrastante da setti limosi e argillosi scarsamente permeabili. La falda contenuta nell'unità risulta localmente confinata, è ubicata ad una profondità di 70m sotto p.c. ed ha uno. con direzione di flusso della falda NW-SE.
- il terzo acquifero, più profondo, si rileva a circa 80 dal p.c. in corrispondenza di locali lenti sabbiose intercalate alle argille delle unità sabbioso- argillose. È sede di falde in pressione con direzione di flusso N-S.

4.6.3 Stato della contaminazione

4.6.3.1 Suoli

Le analisi eseguite hanno dimostrato che solo nel primo metro di terreno, in corrispondenza del piezometro PZ01, si riscontra un superamento delle CLA per Zinco e Mercurio, per i siti a destinazione d'uso commerciale/industriale, come mostrato in tabella.

Campione	Profondità prelievo (m)	Mercurio		Zinco	
		Concentrazioni rilevate (mg/kg)	C.L.A. (mg/kg)	Concentrazioni rilevate (mg/Kg)	C.L.A. (mg/kg)
PZ01-C01	0,2-1,0	815	5	9170	1500
PZ01-C02	2,5-3,5	4,61		37,4	
PZ01-C03	5,0-6,0	< L.R.		33,9	

La tipologia di contaminazione riscontrata induce a pensare come non vi sia nell'area in esame una fonte diretta d'inquinamento, anzi l'appartenenza dell'area al Sito d'interesse nazionale costituirebbe fonte indiretta d'inquinamento dovuta a fenomeni di deposizione delle polveri e composti volatili emessi dagli impianti chimici posti nelle vicinanze

4.6.3.2 Acque sotterranee

Dall'esame dei risultati emerge come lo stato di contaminazione rilevato nelle acque della prima falda, è limitato ad alcuni piezometri e ad alcuni composti: alluminio, ferro, manganese e cromo VI; questo ultimo, in particolare, essendo presente in tutti i piezometri, è diffuso nella falda sottostante l'area in esame.

4.6.4 Intervento di bonifica

A seguito dell'esiguità del volume contaminato (circa primo metro di terreno) si è optato per una tecnica che preveda lo scavo, trasporto e smaltimento in opportuna discarica. Per evitare la produzione di polveri nel trasporto dall'area in esame all'impianto esterno, il terreno sarà

eventualmente pretrattato mediante inertizzazione con leganti idraulici, generalmente cemento, stabilizzando così i metalli contenuti impedendone la lisciviazione. Farà seguito, quindi, il test di cessione dell'eluato per verificare l'efficacia del trattamento per eventualmente trasferire il materiale in un'altra tipologia di discarica. L'aggiunta di leganti comporterà un aumento di volumi da smaltire.

4.6.4.1 Asportazione dei terreni inquinati

Il volume minimo di terreno da asportare è stato scavato nell'intorno del PZ01. Si è stimata un'area di scavo 15 m per 8m, ed una profondità di 1m. Il volume minimo d'intervento è stimato quindi pari a 240 m³.

A tale volume si aggiungeranno i volumi di terreno non contaminato connessi con le operazioni di scavo (eventuale allargamento del fondo e lato scavo per garantire la stabilità delle pareti) che saranno ricollocati nello scavo stesso al termine delle operazioni.

Una volta scavato il volume minimo, si procederà con la verifica della qualità del terreno di fondo e di lato scavo e nel caso in cui il terreno risulti ancora contaminato si procederà ad ampliare la superficie di scavo di altri 15m per 4m., e di una profondità di 1m.

Al termine della bonifica si provvederà a ritombare lo scavo effettuato con materiale proveniente dall'esterno in quantità definite in base alle operazioni che si svolgeranno sull'area e al futuro impiego della stessa nell'ambito delle attività di quadruplicamento della linea ferroviaria.

4.6.5 Durata temporale

Il lavoro si articola in 5 fasi d'attività, per ciascuna fase è prevista la durata riportata nella tabella seguente. Complessivamente si è stimato un tempo di 5 settimane.

Fasi di attività	Durata (giorni)
1. Accantieramento	1
2. Scavo e trasporto ad impianto di trattamento/smaltimento	5
3. Campionamento del terreno a fondo e lato scavo	1
4. Analisi di laboratorio	16
5. Ritombamento dello scavo	1

4.6.6 Costo previsto per l'intervento

La valutazione economica di massima è stata condotta nel caso di intervento sul solo volume minimo stimato. La voce smaltimento fa riferimento al costo relativo al trasporto, al trattamento in impianto di inertizzazione e successivo smaltimento.

Descrizione dei lavori		Costo (€)
Movimenti terre	Preparazione area cantiere	1.100,00
	Scavo/carico su idoneo automezzo	1.400,00
	Riempimento dello scavo con materiale di recupero/ fornitura/posa in opera	3.840,00
Smaltimento	Carico/trasporto all'impianto di inertizzazione (inclusi oneri di smaltimento finale)	73.440,00
Indagini	Prelievo campioni di terreno puntuali da fondo scavo/pareti – det. analitica Hg, Zn	627,00
TOTALE		80.447,00

4.7 Sito d'interesse nazionale di Laghi di Mantova e Polo chimico

Il progetto descritto di seguito è relativo alla bonifica dei terreni dell'area "R1-Collina", inserita nella perimetrazione del sito d'interesse nazionale "Laghi di Mantova e Polo chimico". Il progetto è stato discusso in sede di Conferenza di Servizi Decisoria del 15 giugno 2005 ma non è stato approvato e sono state richieste altre integrazioni.

4.7.1 Descrizione del sito

L'area oggetto della bonifica è localizzata all'estremità sud-orientale dello stabilimento Enichem, tra il canale Diversiso ad est, la Darsena a sud, il canale Sisma ad ovest ed il parco serbatoi a nord.

4.7.2 Geologia ed idrogeologia dell'area

Lo stabilimento di Mantova s'inserisce in una zona pianeggiante, lievemente degradante verso l'asta fluviale del Mincio. Il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza di terreni prevalentemente fini, quali sabbie ed argille, d'origine alluvionale. La successione stratigrafica locale dell'area è la seguente:

- strato continuo di sabbie e limi da 0 a 3-7 m dal p.c.
- limi sabbiosi e sabbie fini presenti localmente da 3-7m a 5-9m dal p.c.;
- limi argillosi torbosi da 5-9m a 6-18m dal p.c.;
- sabbie medio fini da 6-18m a 12-31m dal p.c.;
- argille con spessore superiore a 7m , da 12-31m dal p.c.;

Dal punto di vista idrogeologico, il sottosuolo dell'area d'interesse è caratterizzato dalla presenza di corpi acquiferi sovrapposti che ospitano le seguenti falde:

- *Falda superficiale o sospesa*: localizzata nei terreni superficiali e sostenuta dai limi torbosi rinvenuti con buona continuità sull'area in esame. Poiché dipende dal regime pluviometrico si tratta di una falda effimera, arealmente discontinua e priva di flusso apprezzabile.
- *Falda principale*: è una falda artesianica con basso grado di risalita localizzata nello strato sabbioso, risulta in continuità idraulica con il fiume Mincio che costituisce l'asse drenante. La direzione di deflusso risulta quindi verso sud, l'acquifero è sostenuto alla base dal livello argilloso avente permeabilità di 10^{-10} m/s e costituisce una protezione naturale per gli acquiferi profondi.
- *Falda Profonda*: localizzata nei livelli sabbiosi ad oltre 60m di profondità dal p.c. e protetta dal livello argilloso.

4.7.3 Stato della contaminazione

4.7.3.1 Suoli

Nel sottosuolo superficiale dell'area d'interesse sono presenti, in concentrazioni eccedenti i limiti stabiliti dal D.M. 471/99 per siti a destinazione d'uso industriale, i seguenti composti:

- Idrocarburi C< 12, C>12 rilevati in concentrazioni che raggiungono valori massimi dell'ordine di alcune migliaia di mg/Kg;
- Composti organici aromatici, in particolare benzene ed etilbenzene, presenti come sommatoria in concentrazioni dell'ordine delle centinaia di mg/Kg;
- Cloroformio, Dicloroetano, fenolo, rilevati in un solo campione superficiale in concentrazioni largamente eccedenti i limiti;
- Mercurio, presente in concentrazioni dell'ordine delle decine di mg/Kg;
- Vanadio rilevato in concentrazioni dell'ordine del migliaio di mg/Kg in due soli campioni.

4.7.3.2 Acque sotterranee

Relativamente lo stato della contaminazione delle acque sotterranee, sono presenti, in concentrazioni eccedenti i limiti stabiliti dal DM 471/99, i seguenti composti:

- Idrocarburi totali, in concentrazioni massime di alcune migliaia di µg/l;
- Composti organici aromatici, in particolare benzene ed etilbenzene in concentrazioni d'alcune centinaia di µg/l, toluene, stirene e p-xilene in concentrazioni d'alcune decine di µg/l;
- Idrocarburi policiclici aromatici;
- Composti alifatici clorurati;
- Metalli, quali arsenico, manganese, ferro ed, in misura minore, alluminio, cromo VI, mercurio, zinco.

La contaminazione delle acque sotterranee interessa in maniera significativa solo gli strati interessati dalle acque di saturazione dei primi due livelli stratigrafici (falda sospesa).

4.7.4 Quantificazione e classificazione dei rifiuti presenti

La stima dei volumi dei materiali inquinati effettuata in corrispondenza dei punti di indagine risulta:

- Circa 55.000 tonnellate di rifiuti industriali(subarea R1 C) fino ad una profondità di circa 4-5 mt dal p.c.

- Circa 110.000 tonnellate di terreni inquinati per contatto e/o percolamento dai predetti rifiuti, che raggiungono profondità fino a circa 7mt dal p.c.

I rifiuti sono principalmente costituiti da residui di lavorazione di consistenza gommosa, quali resine polimerizzate, residui di reazione, residui di filtrazione, IPA, composti organo alogenati, metalli (As, Cu, Hg, Pb), materiali eterogenei, materiali da demolizioni e riporti vari frammisti alle altre tipologie.

La quantificazione dei rifiuti si presenta più dettagliata in tabella 4.7.1, dalla quale si osserva come l'inquinamento interessa quasi totalmente la subarea R1c, in parte la subarea R1a, R1b.

4.7.5 Intervento di bonifica

4.7.5.1 Soluzioni d'intervento

La soluzione d'intervento ottimale prevede tecniche di bonifica on site e/o in situ, che consentono di recuperare i materiali decontaminati e di minimizzarne la movimentazione. Si intende procedere con le seguenti attività:

- Scavo, rimozione e **smaltimento** dei rifiuti industriali e di eventuali hot spots di terreni con rifiuti **in impianti esterni**
- **Trattamento dei terreni** maggiormente impattati da contaminazione mediante **desorbimento termico** con impianto mobile on site
- Decontaminazione dei terreni a minore concentrazione di inquinante e/o con contaminazione da composti facilmente biodegradabili (aromatici, idrocarburi leggeri) mediante trattamento in situ di **bioventing** (BV)
- Rimozione degli idrocarburi presenti nello strato saturo (falda superficiale e falda profonda) in forma dissolta o adsorbita, attraverso trattamento in situ di **biosparging** (BS)

Si prevede quindi la seguente schematizzazione dei flussi di materia:

- Subarea R1c: scavo e smaltimento di tutti i rifiuti, stimati **29.453 m³**
- Subarea R1a e R1b: scavo e smaltimento di tutti i rifiuti, stimati in 16.130 m³ e scavo dei terreni limitatamente alle frazioni non trattabili in situ, ovvero 33.306 m³, su complessivi stimati 66.613 m³ così suddivisi:
 - 40% da sottoporre a trattamento termico (26.645 m³);
 - 50% destinati a biotattamento in situ (33.307 m³)
 - 10% per lo smaltimento esterno (6.661 m³)

Tab 4.7.1 Stime dei volumi di materiali inquinati.

Subarea		Superfici		Quota media p.c. (m slm)	Quota media Falda (m slm)	Spessore riporti/terreni impattati			Volume terreni Impattati (m ³)	Volume rifiuti (m ³)
		Terreni impattati	rifiuti			Totale(m)	Di cui rifiuti	Di cui terreni inq.		
R1	a	5.000	3.000	19,89	13,44	6,70	2,01	4,69	23.450	6.030
	b	8.000	5.000	19,99	13,22	6,70	2,02	4,68	37.440	10.100
	c	5.250	5.250	20,52	13,18	6,70	5,61	1,09	5.723	29.453
	d	0	0	15,52	12,85	6,70	0	0	0	0
						Totale (m³)			66.613	45.583
						Peso Specifico (t/m³)			1,65	1,2
						Totale (t)			109.911	54.699

4.7.5.2 Realizzazione degli impianti

Centrale di compressione

L'insufflazione di aria all'interno del terreno insaturo e dell'acquifero per i sistemi di bioventing e biosparging sarà effettuata tramite l'utilizzo di una stazione di compressione d'aria. La centrale provvederà alla compressione, al raffreddamento ed alla deumidificazione dell'aria che sarà iniettata nella zona di interesse. Il sistema di iniezione aria consiste in :

- n. 1 compressore per aria $Q=160 \text{ m}^3/\text{h}$, $P=8,5 \text{ bar}$;
- n. 1 scambiatore di calore acqua/aria;
- n. 2 filtri separatore condensa;
- n. 2 essiccatori ad allumina;
- n. 1 serbatoio polmone da 1.000 l/12 bar.

La mandata del compressore è collegata, attraverso un tubo flessibile di diametro di 0.75 pollici, dotato di valvola di intercettazione e sfiato, ad una tubazione in acciaio zincato di diametro di 2 pollici. Nei condotti di distribuzione dell'aria compressa sono installati due essiccatori di alluminio collegati in parallelo che evitano la formazione di condensa. A valle dell'essiccatore è installato un serbatoio polmone che consentirà di mantenere l'operatività del sistema anche in occasione di brevi fermate.

Le pressioni e portate dei singoli pozzi di BS e BV sono regolate da pannelli collegati alle linee di distribuzione dell'aria.

Punti di monitoraggio

Sistema di biosparging: saranno utilizzati 5 piezometri di monitoraggio già presenti nell'area di bonifica, integrati con i 5 piezometri utilizzati per il controllo idraulico.

Sistema di bioventing: saranno installati 6 punti di monitoraggio secondo le seguenti specifiche tecniche:

- perforazione sino alla profondità di 4 m dal p.c., mediante carotaggio continuo;
- installazione di una tubazione microfessurata in PVC dal diametro di ½ pollice;
- ghiaietto siliceo lavato ed arrotondato fino a 1m dal p.c. nell'intercapedine tra le tubazioni e le pareti della perforazione, con sigillo impermeabile di bentonite in pellets fino al p.c.
- pozzetto di ispezione in superficie dotato di chiusino carrabile.

4.7.6 Durata dell'intervento

Il completamento della bonifica è previsto in 4,4 anni consecutivi sulla base delle seguenti potenzialità:

- $150 \text{ m}^3/\text{giorno}$ per i rifiuti rimossi dalle aree di bonifica e conferiti ad impianti off-site;

- 150 m³/giorno per i terreni inquinati, trattabili on site con impianto mobile di desorbimento termico;
- 24 mesi per il trattamento in situ.

Nella tabella seguente sono schematizzate le fasi:

Attività	Durata (mesi)	Progressivo (mesi)
Allestimento cantiere ed aree tecniche di trattamento (escluso palancolato)	4,0	4,0
Fase B - bonifica rifiuti (scavo e smaltimento)	11,0	14,0
Fase C - bonifica on-site terreni (desorbimento termico)	15,0	27,0
Fase D - bonifica in situ (bioventing e biosparging)	24,0	52,0
Fase E – ripristino stato dei luoghi	1,0	53,0

4.7.7 Stima dei costi

La stima dei costi può essere effettuata suddividendo le diverse fasi. In tabella è presente un quadro generale dei costi previsti.

Descrizione degli interventi	Importo (€)
Fase A - predisposizione interventi	744.275
Fase B - bonifica rifiuti(scavo e smaltimento)	14.229.128
Fase C - bonifica on site terreni (desorbimento termico)	13.877.188
Fase D - bonifica in situ terreni (bioventing e biosparging)	2.100.000
Fase E - ripristino dei luoghi	75.400
TOTALE (€)	31.025.991

4.7.8 Nota integrativa

Nella Conferenza di servizi istruttoria tenutasi in data 20 dicembre 2004 si è preso atto della trasmissione da parte di Syndial della nota con la quale si comunicava la variazione dei volumi di progetto previsti nel progetto definitivo presentato, in relazione sia ai terreni contaminati, sia ai rifiuti abbancati. Si precisa, quindi, che:

- Per i Rifiuti il volume passa da ca. 45000 m³ a ca 100000 m³;
- Per i Terreni il volume passa da ca. 67000 m³ a ca. 150000 m³.

4.8 Sito d'interesse nazionale di Manfredonia

Il progetto descritto di seguito è relativo alla bonifica discariche interne alle isole 12,14 e 17 presenti nello stabilimento SYNDIAL S.p.A. di M.Sant'Angelo (FG) ricadente nel Sito d'Interesse Nazionale di Manfredonia. Il progetto è stato approvato nella Conferenza di Servizi Decisoria del 4 dicembre 2003.

4.8.1 Obiettivo dell'intervento

L'intervento in esame prevede la rimozione dei rifiuti nelle discariche ubicate nelle isole 12, 14 e 17 situate all'interno dello stabilimento SYNDIAL S.p.A. di M.Sant'Angelo (FG).

L'attività di bonifica ha come obiettivo primario l'eliminazione di tutte le fonti d'inquinamento dal sito attraverso l'applicazione dei seguenti principali criteri:

- Eliminare dal sito i rifiuti ed i terreni contaminati da arsenico attraverso il loro smaltimento fuori del sito stesso
- Riutilizzare all'interno del sito i terreni non contaminati;
- Smaltire i fanghi Accelator in discarica autorizzata esterna al sito.

4.8.2 Stato della contaminazione

In base alle indagini condotte, sono state individuate le seguenti 6 categorie di materiali presenti nel corpo delle discariche:

1. Code benzoiche: stimate in circa 33.000 m³ di rifiuti
2. Code tolueniche: stimate in circa 23.000 m³ di rifiuti costituiti prevalentemente da code tolueniche miste a fanghi.
3. Rifiuti e suoli contenenti arsenico: stimati in circa 11.500m³ di terreno e rifiuti contaminati da Arsenico.
4. Suoli contaminati: stimati in circa 4.000 m³ da sostanze organiche volatili.
5. Terreno di riporto: stimato in circa 24.000 m³ di suolo non contaminato.
6. Fanghi carbonatici dell'impianto Accelator: stimati in circa 33.000 m³ di materiali inerti derivanti dell'essiccazione di fanghi prodotti nella demineralizzazione e chiarificazione delle acque dell'acquedotto Pugliese.

4.8.3 Tipologia della contaminazione nelle diverse aree

I lavori, in particolare, riguardano la bonifica delle seguenti isole dello stabilimento:

Isola 12: discariche F e 4.

Isola 14: discariche E e 2 Ovest

Isola 17: discariche D

4.8.3.1 Isola 12

Discarica F: presenta una superficie di 8.000 m². Gran parte della discarica è riempita da terreni di riporto con spessori variabili da 1 a 5m, fanghi inorganici, fanghi contenenti sostanze organiche composti prevalentemente da code tolueniche. Lo strato di suolo e fanghi presenta contaminazione da benzene (fino a 11mg/kg), toluene (fino a 84 mg/kg) ed idrocarburi alifatici (C>12, fino a 7.500 mg/kg), costituiti in prevalenza da caprolattame.

Volumi terreni presenti nel corpo discarica : ca. 28.000m³

Volumi fanghi frammisti a suolo: ca. 40000 m³.

Volume stimato da rimuovere: 68.000 m³.

Discarica 4: avente superficie di circa 4.000m². Sono stati rinvenuti fanghi bianchi Accelerator essiccati per ca. 2m. Volume stimato da rimuovere: 8.000 m³

4.8.3.2 Isola 14

Discarica 2 Ovest: ha una superficie di circa 10.000m², di cui il 70% è coltivato con code benzoiche. Lo spessore del corpo discarica è maggiore di 2m. In parte dei campioni sono state rinvenute code benzoiche miste a terreno e fanghi biologici. Sono state rilevate sostanze organiche con presenza d'idrocarburi aromatici (fino a 2.700 mg/kg) ed in particolare di benzene (fino a 12 mg/kg) e benzo (a) antracene (fino a 15mg/kg). Presenza notevole di caprolattame. I materiali presenti nel corpo discarica da rimuovere, hanno un volume stimato in ca. 21.000 m³.

discarica E: ha una superficie di 3300 m². Lo spessore del corpo discarica è all'incirca di 3.5m. Le sostanze critiche rilevate sono l'arsenico (fino a 6.500 mg/kg), mercurio. Gli eluati mostrano concentrazioni di arsenico fino a 31mg/l, ipotizzando uno spessore medio di 3,5m, si ottiene un volume stimato di 11.500 m³. All'interno della discarica sono presenti zone con 3500 fusti metallici, rifiuti confezionati in big bag per un numero di 450.

4.8.3.3 Isola 17

Discarica D: ha una superficie di 5000 m². Lo spessore del corpo discarica è di circa 4m. Contiene fanghi biologici in cui sono state rilevate concentrazioni di sostanze organiche e idrocarburi aromatici. A causa dell'elevata eterogeneità dei materiali, si può prevedere che i materiali fino a circa 1,5 m di profondità (ca. 8000 m³) siano sostanzialmente non contaminati, mentre i rimanenti (ca. 12.000 m³) siano contaminati.

Volume stimato da rimuovere: 20000 m³.

4.8.4 Intervento di bonifica

Dopo la fase d'escavazione mediante uso di macchine quali drag-line cingolato, i materiali verranno caricati su appositi containers e trasportati ai depositi preliminari.

I terreni incontaminati saranno trasportati ad un punto di raccolta allestito all'interno della discarica 2 est, mentre i rifiuti saranno avviati alla destinazione di smaltimento fuori dal sito stesso.

In tabella .4.8.1 è schematizzato l'intervento.

4.8.5 Costo previsto per l'intervento

Nella tabella di seguito è data una stima dei costi del solo intervento di bonifica. Risulta che il costo complessivo ammonta a circa 62 milioni di Euro. A questi vanno inoltre aggiunti costi da sostenere per opere complementari, di monitoraggio quindi il costo complessivo stimato (in milioni di euro) per il progetto è pari a 73 milioni.

Materiale	Stima volume (m ³)	Densità (t/m ³)	Intervento Previsto	Costi (Milioni di €)
Terreni Incontaminati	24.000	1,8	Rimozione e Riporto in Situ	0,67
Terreni Contaminati da organici	4.000	1,8	Rimozione e Discarica Ex-situ	1,26
Terreno Contaminato Da As e Hg	11.500	1,8	Rimozione e Discarica Ex-situ	3,22
Fanghi Incontaminati	33.000	1,8	Rimozione e Discarica Ex-situ	10,42
Code Tolueniche e Fanghi cont.	23.000	1,6	Rimozione E Inceneritore ex Situ	18,23
Code benzoiche e Fanghi cont.	33.000	1,6	Rimozione e Discarica Ex-situ	26,16
Rifiuti Contenenti Arsenico	-	-	Rimozione e Discarica Ex-situ	1,8 (compresa fornitura fusti)
Totali	128.500			61,7

Tabella 4.8.1. Schema d'intervento del progetto definitivo di bonifica delle discariche ubicate nelle isole 12,14 e 17

Materiale	Contenuto	Volume (m³)	Intervento previsto	Destino finale
Terreno	Terreni incontaminati	24.000	Rimozione	Riporto in sito
	Terreni contaminati da organici	4.000	Rimozione	Discarica ex-situ
	Terreno contaminato da As e Hg	11.500	Rimozione	Discarica ex-situ
Fanghi Accelerator (trattamento acque grezze)	Fanghi incontaminati	33.000 (17.000 + 8.000 + 8000)	Rimozione	Discarica ex-situ
Code e fanghi	Code tolueniche e fanghi cont.	23.000	Rimozione	Inceneritore ex-situ
	Code benzoiche e fanghi cont.	33.000 (21.000+12.000)	Rimozione	Inceneritore ex-situ
Fusti metallici e big bag	Rifiuti contenenti arsenico	-	Rimozione	Discarica ex-situ
Totale	-	128.500	Rimozione	-

4.8.6 Tempi previsti per le operazioni di bonifica

I tempi previsti per le operazioni di bonifica possono essere messi in relazione alle diverse fasi per le attività che si andranno ad effettuare. Si tratta di previsioni.

- Allestimento dei cantieri: 90 giorni
- Isola 14: 290 giorni consecutivi per i terreni, 125 giorni consecutivi per la rimozione dei fusti e dei big bags.
- Isola 12: 726 giorni consecutivi.
- Isola 17: 200 giorni consecutivi
- Rimozione cantiere: ca. 50 giorni.

Considerando oltre a quelli operativi delle varie fasi di lavoro, i tempi morti per gli imprevisti, il tempo complessivo di bonifica risulta di almeno **800 giorni**, ne consegue che ipotizzando di partire con le operazioni d'allestimento del cantiere dell'isola 14, poiché risulta essere il più complesso, a settembre 2004, e proseguendo con le isole ad intervalli di tre mesi, si completerebbe la bonifica di tutte e tre le isole in circa 3 anni. Naturalmente questi tempi risentono fortemente dei problemi legati alla ricettività delle discariche di conferimento esterne, che possono pertanto rallentare nel complesso le operazioni.

4.9 Sito d'interesse nazionale di Brindisi

Il progetto descritto di seguito è relativo alla bonifica dei terreni di diverse aree di proprietà Enipower ricadenti nel sito di interesse nazionale di “Brindisi”.

Il progetto definitivo per la bonifica dei terreni delle aree di proprietà EniPower, redatto da EniPowerS.p.a., è stato approvato nella Conferenza di Servizi Decisoria del 10 gennaio 2003, ed autorizzato con Decreto interministeriale del 4 giugno 2003.

Il progetto definitivo per la bonifica dei terreni dell'Area 02 F, redatto da EniPower S.p.a., è stato approvato nella Conferenza di Servizi Decisoria del 22 settembre 2004.

4.9.1 Descrizione dell'area d'intervento

L'area oggetto d'intervento, è interna allo stabilimento Multisocietario di Brindisi, posto ad EST della città e prospiciente la costa adriatica.

L'area d'intervento è costituita da porzioni di aree differenti acquisite da EniPower in periodi diversi. Le prime aree, acquisite in data luglio 2000, sono denominate: Area GT11, Area Sabbiatura, Area Sud ubicate nella parte centro meridionale del Petrolchimico e l'Area SS2/Centrale Nord dello stabilimento ed aventi estensione complessiva di ca. 215.690 m^2 . Le seconde, acquisite a fine 2004, si trovano nella parte centro-meridionale e denominate “Area 02F” di estensione 179.386 m^2 .

Nelle aree in esame è prevista l'ubicazione del nuovo impianto EniPower di Cogenerazione a Ciclo Combinato.

4.9.2 Geologia ed idrogeologia dell'area

Il territorio in esame, dal punto di vista morfologico, è complessivamente pianeggiante con quote variabili mediamente nell'intervallo +3,5 a +5 m. s.l.m. L'elemento morfologico principale è la presenza di una serie di superfici di raccordo che rappresentano antiche linee di costa.

Sono presenti, dall'alto verso il basso, i seguenti livelli:

- Materiale di riporto: non sempre presente, con spessore compreso fra 0,8 e 1,5 m, di natura e granulometria molto eterogenee.
- Limi e limi sabbiosi marroni o grigiastri di spessore variabile generalmente compreso tra 1 e 4 m.
- Limi argillosi debolmente ghiaiosi e argille giallastre ricche di concrezioni carbonatiche; il suo spessore arriva fino a 4 m.

- Sabbie di genesi calcarenitica piuttosto grossolana, alternanti con livelli calcarenitici fratturati e limi argillosi. E' presente ghiaia di colore marrone-rossastra. Lo strato, di spessore di 10-12 m, è sede dell'acquifero superficiale.
- Limi, limi sabbiosi e limi argillosi di colore grigio. La componente argillosa aumenta con la profondità al diminuire della frazione sabbiosa. Presenta uno spessore medio dell'ordine di 10-15 m; il tetto dello strato costituisce la porzione basale dell'acquifero, sebbene abbia caratteristiche di permeabilità nettamente inferiori a quelle del livello sabbioso soprastante.
- Argille grigie di media consistenza e plasticità.
- Argille basali dallo spessore di 30-40 m.

Nell'area del vasto insediamento industriale di Brindisi, sussistono due sistemi idrogeologici ben distinti:

- il primo, superficiale, è caratterizzato da una falda freatica localmente confinata nei depositi marini terrazzati pleistocenici e sostenuta dalle argille pleistoceniche;
- il secondo, più profondo, è un acquifero calcareo protetto dalle argille plio-pleistoceniche di spessori dell'ordine dei 30-40 m nell'area in oggetto.

La falda superficiale risulta di portata non molto elevata e di carattere locale, è alloggiata su un acquifero di spessore mediamente variabile intorno ai 15 m con un valore massimo di 37 m rilevato in aree distanti dallo stabilimento, si rileva, inoltre, ad una soggiacenza media di circa 3m dal piano campagna, nell'area dello stabilimento.

4.9.3 Stato della contaminazione

4.9.3.1 Suoli

Le analisi eseguite hanno dimostrato che il terreno è in gran parte esente da contaminazione, la presenza di sostanze in concentrazione non accettabile è circostanziata in alcune zone ben identificate e limitata alla frazione più superficiale. L'estensione della contaminazione nelle aree di prima acquisizione ammonta a 14.700 m² circa il 6,8% dell'area complessiva.

Le aree minime contaminate nelle aree di seconda acquisizione assommano in totale a circa 2.960 m², pari a circa l'1,7% della superficie totale.

La valutazione dei volumi e delle tipologie di terreni su cui intervenire risulta essere schematizzata di seguito:

Inquinante	Spessore(m)	Superficie (m ²)	Volume (m ³)	Area	Sondaggio
Cu/Zn	1	1.031	1.031	Sabbiatura	S13
Cu/Zn	1	580	580	Sabbiatura	S76
Cu/Zn	1	931	931	Sabbiatura	S41
Cu/Zn	1	556	556	Sabbiatura	B98
Cu/Zn	1	900	900	Sabbiatura	B96
Hg	1	3.133	3.133	Sud	S2+S3
Hg	2	596	1.192	Sud	S2+S3
Hg	1	225	225	Sud	S1
Hg	1	345	345	Sud	Pz06
Hg	1	225	225	GT11	S8
Pb	1	173	173	Sud	S32
Hg+Idrocarburi	1	438	438	GT11	S7
Zn+Idrocarburi	3	600	1.800	Sabbiatura	S12
Hg+Idroc+IPA	2	485	970	Sud	S2+S3
Diossine+V	1	690	690	GT11	B89
Diossine	1	840	840	GT11	S70
Diossine	1	621	621	Sabbiatura	B97
V+PCB	1	2.295	2.295	SS2/Nord	Pz19
TOTALE		14.664	16.945		
PCB	2	185	370	Area 02 F	PZF001SY
V	1,5	354	531	Area 02 F	PZF0091SY
Hg	1	455	455	Area 02 F	SNF002EP
Hg	1	1126	1126	Area 02 F	SNF0082SY
Hg	1	143	143	Area 02 F	SNF0093SY
Hg	2	182	364	Area 02 F	SNF0093SY
Hg	1	118	118	Area 02 F	SNF021EP
Hg	1	400	400	Area 02 F	SNF036EP
TOTALE		2963	3507		

4.9.3.2 Acque sotterranee

La falda superficiale varia, nell'area in esame, da circa 2,5 a circa 4,0 mt dal p.c. E' sede di un'ingressione marina estesa su tutta l'area, come mostrano le concentrazioni di cloruri e solfati nei terreni più profondi.

La falda profonda è ben separata da quella superficiale dall'interposizione, tra le due, delle argille plio-pleistocene aventi spessore di 30-40 m nell'area in oggetto.

Le acque della falda superficiale campionate presentano concentrazioni diffuse superiori alle CLA per i seguenti parametri: alcune specie metalliche, idrocarburi totali e benzene, e soprattutto per alcune specie organoalogenate, alifatiche, aromatiche (1,1-dicloroetano, cloroformio, cloruro di vinile).

4.9.4 Intervento di bonifica

L'intervento è articolato in due fasi coordinando la bonifica in singoli lotti al fine di poter rendere le varie zone mano mano disponibili in tempi compatibili con la realizzazione delle infrastrutture previste sulle stesse.

FASE 1: Asporto dei materiali da bonificare e loro trasporto in piazzola di deposito preliminare operando via via in aree contaminate diverse. Seguono operazioni di vagliatura, separazione, caratterizzazione dei terreni contaminati, in base ai cui risultati i terreni stessi saranno portati o a riutilizzo o ad opportuno smaltimento in discarica. Nel caso si ritenga valido il recupero di questi terreni mediante fito-depurazione, gli stessi saranno depositati nella piattaforma di deposito preliminare e successivamente inviati a trattamento on-site.

FASE 2: Allestimento, gestione dell'impianto di phytoremediation. Esecuzione del trattamento previa stesura e compattazione dei terreni asportati fino ad uno spessore massimo di 0,8-0,9 mt. Eventuale smantellamento dell'impianto.

4.9.4.1 Asportazione dei terreni inquinati

Aree di prima acquisizione

Interessano una superficie complessiva di circa 14.660 m², pari al 6,8% dell'intera area, con volumi di scavo stimati incirca 17.000 m³. Il terreno contaminato risulta suddiviso:

- Terreni contenenti Diossine, IPA, PCB: 5.400 m³;
- Terreni contenenti metalli e/o idrocarburi: 11.600 m³.

Poiché il materiale scavato presenta una notevole eterogeneità granulometrica, si provvederà, oltre ad una preliminare separazione delle frazioni più grossolane in loco, ad una vagliatura in piazzola. Stimando in 25% il materiale di sopravaglio, la suddivisione risulta la seguente:

- Terreni inquinati da diossine, IPA, PCB da inviare direttamente a discarica 2B/2C (senza sottoporre a vagliatura) previa determinazione analitica di legge : 5.400 m³;
- Terreni inquinati da metalli e/o idrocarburi da sottoporre a vagliatura 11.600 m³ dei quali:
 - materiale di sopravaglio da inviare a discarica 2B/2C: 2.900 m³
 - materiale di sottovaglio da inviare a phytoremediation: 8.700 m³

Aree di seconda acquisizione

La superficie delle aree contaminate assomma in totale a circa 2.960 m² (l'1,7% della superficie totale) con volumi di scavo stimati in circa 8.250 m³. Il terreno contaminato risulta suddiviso:

- terreni contenuti PCB da inviare direttamente a discarica 2B/2C (senza sottoporre a vagliatura) previa determinazione analitica di legge : 870 m³;
- terreni contenenti Vanadio da inviare direttamente a discarica 2B/2C (senza sottoporre a vagliatura) previa determinazione analitica di legge : 1.250 m³;
- terreni contenenti Mercurio da sottoporre a vagliatura 6.130 m³ dei quali:
 - materiale di sopravaglio da inviare a discarica 2B/2C: 3.065 m³
 - materiale di sottovaglio da inviare a phytoremediation: 3.065 m³

4.9.4.2 area di deposito preliminare

I terreni contaminati scavati, inizialmente sono collocati sull'area di deposito preliminare ubicata all'interno dello stabilimento nel settore GT11. L'area, opportunamente impermeabilizzata, è dotata di tutte le infrastrutture e mezzi necessari alle operazioni di deposito, caratterizzazione dei cumuli, vagliatura, stoccaggio e caratterizzazione del sopravaglio e del sottovaglio. Il deposito, costituito da un piazzale asfaltato di superficie 4.300 m², è delimitato da un cordolo perimetrale di contenimento di c.a. e munito di sistema di raccolta liquidi ed è suddiviso in 8 settori (celle) di capacità di 1.400 m³, mediante la posa di pannelli prefabbricati in c.a. di contenimento.

I terreni scavati saranno deposti in cumuli di diversa volumetria a seconda dell'inquinante individuato in fase di caratterizzazione.

4.9.5 Descrizione degli interventi della fase 2

4.9.5.1 Allestimento dell'impianto

L'impianto per il trattamento on-site di fitodepurazione è costituito da una vasca realizzata all'interno dello stabilimento petrolchimico in un'area in cui le indagini di caratterizzazione hanno verificato l'assenza di contaminazione. L'area ubicata nel settore occidentale del

petrolchimico, è stata acquisita in comodato d'uso da EniPower da parte di Enichem. La vasca di superficie pari a 14.000 m², è attrezzata con impianto d'irrigazione per aspersione, sistema di drenaggio e ricircolo delle acque.

L'area sarà recintata perimetralmente con rete plastificata infissa sotto terra di 50 cm e sostegni metallici, in modo da impedire il contatto fisico tra l'essenze coltivate e l'avifauna. Verranno, inoltre, opportunamente adottate reti antivolatili sulla copertura della vasca di fitodepurazione.

4.9.5.2 Gestione dell'impianto

I terreni vengono compattati mediante passaggio di pale meccaniche, raggiungendo uno spessore non superiore a 80-90 cm.

Le specie vegetali scelte per il trattamento saranno:

- erba medica
- mais
- girasole
- brassica

La scelta deriva dalla sperimentazione eseguita nel 2001 nei laboratori del CNR di Pisa su campioni di terreno contaminato prelevati dallo stabilimento stesso. In fase sperimentale i risultati sono stati molto soddisfacenti per erba medica e mais, riescono infatti a mobilitare i contaminanti presenti con molta facilità. Per il girasole e la brassica, pur non avendo ottenuto conferme sperimentali soddisfacenti, ne è stato previsto l'impiego perché in letteratura sono indicate come specie molto efficaci nell'estrazione di contaminanti in oggetto.

La durata complessiva del trattamento è stata programmata in quattro anni e, considerato lo scopo, i cicli colturali sono stati definiti in modo da non lasciare mai il terreno prive di colture. I cicli colturali previsti sono i seguenti:

- 1° anno: mais, mais precoce, brassica
- 2° anno: erba medica, brassica
- 3° anno: girasole, mais, brassica
- 4° anno: girasole, mais

Nel corso del trattamento il terreno sarà irrigato, concimato, fertilizzato e saranno aggiunti ammendanti a base di compost e letame maturo oppure con terreno vegetale, per migliorarne la struttura. L'agente complessante utilizzato, per consentire una buona mobilitazione dei contaminanti presenti, è l'EDTA.

Il programma di coltivazione prevede che la raccolta venga eseguita nel periodo di massima produzione di biomassa verde per impedire la possibile interazione fra la fauna presente nella zona e le colture in atto per il trattamento. La biomassa raccolta sarà smaltita adeguatamente.

Una volta che siano state raggiunte nel terreno le concentrazioni di contaminanti obiettivo, il terreno stesso sarà vagliato per separare e rimuovere gli apparati radicali ancora presenti al suo interno, la biomassa ipogea sarà quindi conferita in discarica.

Alla fine del trattamento il terreno bonificato sarà prelevato e ricollocato in area di stabilimento.

L'andamento e l'efficacia del trattamento di fitodepurazione verranno monitorati attraverso l'esecuzione di analisi di laboratorio condotte su campioni di biomassa, di terreno e di acqua di irrigazione. Per un miglior controllo della situazione la piazzola di phytoremediation verrà suddivisa in 15 settori ciascuno di 1000 m², da ognuno dei quali si preleverà un campione rappresentativo da avviare a laboratorio.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15

Per ogni componente monitorata, sono previste le seguenti procedure:

- **Biomassa:** analisi dei metalli di interesse al termine di ogni ciclo vegetativo. Durante i primo anno potranno essere previsti anche prelievi prima della raccolta come verifica dell'avvenuto accumulo dei metalli a seguito del trattamento fatto.
- **Terreno:** metalli totali con frequenza annuale; metalli mobili e biodisponibili valutata con estrazione sequenziale semplificata (SEP) già usata durante il test di fattibilità, da effettuare alla fine di ogni ciclo vegetativo. I parametri di fertilità della matrice verranno indagati una volta l'anno o quando ritenuti necessari.
- **Acque:** metalli totali; concentrazioni di EDTA. La frequenza: primo anno mensile, negli anni successivi prima e dopo i trattamenti.

E' previsto un monitoraggio continuo mediante videocamere connesse con un sistema computerizzato per l'acquisizione ed elaborazione delle immagini, acquisizione dei dati relativi all'umidità e trasmissione degli stessi alle stazioni remote.

4.9.6 Durata temporale dell'intervento

Per l'esecuzione dell'intervento di progetto, si prevede il seguente crono-programma:

4.9.6.1 Fase 1

Per i terreni di prima acquisizione è previsto un periodo di circa 11 mesi per le seguenti attività:

- Realizzazione piazzola di deposito preliminare;
- Totale asportazione dei terreni dalle zone inquinate;
- Stoccaggio nella piazzola di deposito preliminare in attesa di phytoremediation (Fase 2) dei terreni inquinati da metalli e idrocarburi;
- Smaltimento a discarica dei terreni inquinati da diossine, IPA, PCB;
- Ottenimento delle certificazioni di avvenuta bonifica per zone di tutte le aree di proprietà EniPower risultate contaminate in fase di caratterizzazione;
- Progettazione dell'impianto per la Phytoremediation.

Per i terreni di seconda acquisizione si stima un periodo di circa 7-8 mesi, per:

- totale asportazione dei terreni dalle zone inquinate,
- stoccaggio nella piazzola di deposito preliminare in attesa di phytoremediation dei terreni inquinati da Hg,
- smaltimento a discarica dei terreni inquinati da PCB e V,
- ottenimento delle certificazioni di avvenuta bonifica per ogni singolo lotto e dell'insieme delle aree risultate contaminate in fase di caratterizzazione.

4.9.6.2 Fase 2

Un periodo di circa 52 mesi per la gestione del processo di phytoremediation (48 mesi con inizio in novembre, mese idoneo per la lavorazione e la concimazione dei terreni), l'ottenimento della certificazione di avvenuta bonifica dei terreni trattati, la ricollocazione in aree di stabilimento e/o loro eventuale smaltimento.

4.9.7 Costo previsto per l'intervento

4.9.7.1 Aree di proprietà EniPower

Il costo complessivo previsto dell'intervento di fase 1 assomma a 6.240.000 € circa, come evidenziato in tabella seguente.

Attività	Euro
Servizi d'ingegneria	€ 155.000,00
Completamento di piazzola di deposito preliminare, escavazione terreni e stoccaggio in piazzola	€ 730.000,00
Vagliatura del materiale scavato, separazione sopravaglio/sottovaglio	€ 230.000,00
Smaltimento di terreni di sopravaglio in discarica 2 A	€ 125.000,00
Smaltimento terreni con IPA, Diossine, PCB in discarica 2C	€ 3.550.000,00
Gestione acque meteoriche, percolato area deposito preliminare	€ 320.000,00
Allestimento area Phytoremediation	€ 800.000,00
Servizi tecnici ed oneri accessori	€ 230.000,00
Monitoraggio qualità dell'aria	€ 100.000,00
TOTALE	€ 6.240.000,00

4.9.7.2 Aree di seconda acquisizione

Il costo complessivo previsto dell'intervento di FASE 1 assomma a 2.060.000 € circa, così suddiviso secondo le due fasi in cui è articolato e per voci principali. L'importo sopra indicato non comprende l'Area destinata a deposito preliminare, perché già esistente, né i costi per il trattamento di fitodepurazione, in quanto già esistente per il processo di bonifica dei terreni di proprietà EniPower in corso di esecuzione.

Attività	Euro
Escavazione terreni e stoccaggio in piazzola	€ 35.000,00
Vagliatura del materiale scavato contaminato da Hg e separazione sopravaglio/sottovaglio	€ 75.000,00
Trasporto, stesura e compattazione del sottovaglio da trattare nell'impianto di phytoremediation	€ 15.000,00
Gestione percolato area deposito preliminare	€ 90.000,00
Smaltimento terreni di sopravaglio in discarica 2B o 2C	€ 1.150.000,00
Smaltimento dei terreni con PCB o V in discarica 2B o 2C	€ 430.000,00
Monitoraggio qualità dell'aria	€ 40.000,00
Progettazione ai sensi del D.M. 471/99 e progettazione Esecutiva delle opere non previste nel D.M. 471/99	€ 75.000,00
Servizi tecnici ed oneri accessori	€ 150.000,00
TOTALE	€ 2.060.000,00

4.9.8 Stato di avanzamento della bonifica al 20.05.2004

I lavori di bonifica per le aree di prima acquisizione, sono iniziati il 25.07.2003 ed hanno interessato esclusivamente i primi 4 dei 6 lotti previsti in progetto:

- Lotto A- Area Sabbature
- Lotto B- Area Sabbature
- Lotto C- Area Sud
- Lotto D- Area Sud

I volumi da trattare, tuttavia, sono modificati in funzione delle attività di escavazione, riporto, allargamenti dovuti a fenomeni di instabilità delle pareti di fondo scavo e di trasporto in piazzole di deposito ai fini della bonifica e smaltimento. In particolare subiscono un incremento di ca. 135% dovuti principalmente a:

- Incrementi di volume dovuti a pareti/superficie non piane;
- successivi allargamenti/approfondimenti eseguiti per effetto dei controlli analitici sulle pareti, sul fondo scavo a seguito della riscontrata presenza di contaminazione;
- pendenze date alle pareti di scavo per ragioni di tenuta e sicurezza

4.9.9 Risistemazione a verde dell'area 02F

Nel decreto di VIA di compatibilità ambientale, riguardante la centrale elettrica a ciclo combinato in costruzione, tra le diverse prescrizioni si prevede che la proponente EniPower debba provvedere a risistemare la zona a sud della centrale e a riutilizzare le terre da scavo provenienti dalle aree di costruzione della stessa, nel caso si sia accertato il rispetto delle CLA per i siti ad uso industriale. Gli interventi saranno i seguenti:

- riutilizzo all'interno dello stabilimento del terreno di scavo delle fondazioni;
- formazione di fasce boscate tampone (filtro) periferiche alla zona industriale;

smaltimento in discarica controllata dei materiali di risulta, previa caratterizzazione

4.9.9.1 Area interessata alla risistemazione

L'area sulla quale si intende procedere, presenta una depressione di entità media di circa di 1 m rispetto al piano stradale; l'area è circoscritta due torce (RV301 non operativa, RV401 operativa) dello stabilimento di Polimeri Europa.

La rimodellazione dell'area avverrà attraverso l'utilizzo dei terreni prodotti in aree dove la caratterizzazione ha mostrato:

- assenza di contaminazione;
- la compatibilità dei terreni con la destinazione d'uso industriale del sito

Si stima che il volume totale prodotto di detti terreni sarà di circa 190.000 m³ (volume dopo scavo). Di essi:

- tonnellate pari a circa 32.000 m³ sono già stati conferiti in discarica di tipo 2° dopo aver seguito le procedure di legge;
- 63.000 m³ sono destinati al reinterro degli scavi di bonifica eseguiti in area EniPower. La cifra è stata così ricavata dalle previsioni dei progetti approvati;
- 78.000 m³: sono destinati al riutilizzo
- i quantitativi rimanenti saranno smaltiti/recuperati all'esterno dello stabilimento in impianti di idonea tipologia.

Una volta proceduto alla allocazione/rimodellazione delle terre, si procederà:

- alla regimazione delle acque meteoriche, mediante la realizzazione di cabalette di scolo e di un sistema drenante collegato alla rete fognaria meteorica di stabilimento
- alla sistemazione a verde tramite piantumazione di circa 300 alberi tra “Tamarix gallica” ed “Acacia retinoides” associati ad essenze arbustive quali biancospino, pittosporo e ginestra, e copertura vegetativa con un'opportuna selezione di piante erbacee.

4.10 Sito d'interesse nazionale di Taranto

Il progetto descritto di seguito è relativo alla bonifica delle acque di falda sottostanti la Raffineria ex AgipPetroli di Taranto. Il progetto è stato approvato nella Conferenza di Servizi Decisoria del 20 aprile 2004.

4.10.1 Inquadramento generale della raffineria

La Raffineria di Taranto è situata nell'area industriale a Nord-Ovest della città di Taranto e si sviluppa su una superficie di circa 275 ha. E' delimitata: a Nord, dalla S.S. 7 Appia (circa 600 m di distanza), a Sud, dal mare, ad Est, dalla Strada Consortile A.S.I., ad Ovest, dalla ferrovia Taranto-Bari.

Entrata in produzione nel 1967, la Raffineria ha subito negli anni diverse trasformazioni per adeguarsi ad esigenze tecnologiche e di mercato. Per garantire i propri fabbisogni di funzionamento e d'efficienza dei processi, la Raffineria dispone di 3 impianti di trattamento delle acque effluenti (TAE A, B e C) ed 1 impianto (Sour Water Stripper – SWS) per la neutralizzazione delle acque acide di processo. Il fabbisogno energetico è garantito dalla Centrale Termo-Elettrica appartenente alla Società EniPower ed ubicata nel medesimo sito della Raffineria.

4.10.2 Inquadramento territoriale

4.10.2.1 Geologia

Il territorio indagato sorge su una zona morfologicamente caratterizzata da due settori pianeggianti raccordati, verso il settore nord-ovest, da un debole declivio che si trasforma localmente in scarpata nell'area nord. È possibile individuare le seguenti unità geologiche principali:

- unità superficiale a matrice limoso sabbiosa, passante localmente a sabbiosa con inclusi carbonatici (calcareniti), caratterizzato da spessore variabile da 1 a 7,5m;
- unità argillosa compatta (Argille del Bradano), avente spessore di ca. 80-100 m;
- unità carbonatica basale (Calcareniti di M. Gravina e Calcari d'Altamura).

4.10.2.2 Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico, è presente una falda superficiale all'interno del complesso sabbioso-limoso calcarenitico, posto ad una profondità di 3m dal p.c. giacente sul tetto della

formazione argillosa sottostante. Alla base delle argille è presente una seconda falda in pressione, ospitato all'interno della formazione calcarea basale. Il deposito argilloso determina una netta separazione fra i due acquiferi evitando rischi di contaminazioni della falda profonda.

4.10.3 Contaminazione delle acque di falda

Dalla determinazione analitica delle acque della falda profonda attraverso 4 pozzi (profondi oltre 100m) non emerge alcun fenomeno di contaminazione in atto.

Dall'analisi delle acque della falda superficiale si è rilevata la presenza d'inquinanti riconducibili all'attività della raffinazione quali:

- Idrocarburi totali, idrocarburi aromatici, occasionalmente piombo nelle aree di stoccaggio prodotti, nelle aree impianti produttivi e confinanti;
- MTBE nelle aree di stoccaggio prodotti, nelle aree d'impianti produttivi e confinanti, in corrispondenza delle pensiline di carico, ed in zone prossime o ricadenti in aree esterne

4.10.4 Bonifica delle acque di falda

In funzione della tipologia, della distribuzione areale della contaminazione e delle caratteristiche dell'acquifero si è optato per una bonifica dell'acque sotterranee mediante Pump&Treat al fine di:

- consentire la rimozione degli inquinanti presenti nella matrice raggiungendo le CLA;
- garantire la capacità d'intercettazione ed il contenimento delle condizioni di criticità all'interno dell'area della raffineria;
- salvaguardare la regolare operatività della raffineria nelle aree di realizzazione delle opere di bonifica;
- perseguire nel tempo l'efficacia del sistema e la sua manutenzione tecnica.

4.10.5 Descrizione dell'intervento

Il sistema proposto prevede:

- 9 distinte opere di sbarramento idraulico, finalizzate all'intercettazione, captazione ed emungimento delle acque sotterranee contaminate (8 trincee drenanti passive ed 1 sistema well point);
- 1 sistema di trattamento acque centralizzato, costituito dall'impianto di trattamento effluenti (TAE A) della raffineria.

Sbarramento Trincea passiva	Lunghezza (m)	Prof. Media base acq. (m)	Profondità superficie piezometrica (m)	Tipo di pompa	Portata oraria (m ³ /h)
1	270	5,8	3,2	Centrifuga (1)	0,364
2	70	4,0	1,4	Autoadescante (1)	0,102
3	210	5,0	2,5	Autoadescante (1)	1,42
4	300	6,3	3,7	Centrifuga (3)	8,11
5	350	4,0	3,0	Centrifuga (4)	8,57
6 well point	700	4,0	2,5	2 (233 punte)	27,4
8	215	3,0	2,0	Centrifuga (1)	10,8
9	100	3,0	1,8	Centrifuga. (1)	15,9

4.10.6 Impianto Recupero Effluenti TAE

L'impianto per il trattamento riceve le acque effluenti dai diversi cicli produttivi, le acque meteoriche e le acque provenienti dagli sbarramenti idraulici. Si tratta dell'impianto di depurazione della Raffineria di Taranto "Trattamento acque effluenti" (TAE A) esistente, adeguatamente modificato per sopperire all'aumento di portata con caratteristiche differenti.

Le acque depurate saranno destinate al riuso nella centrale elettrica EniPower e vari servizi (lavaggi ed irrigazioni aree verdi, reintegro rete antincendio).

4.10.6.1 Caratteristiche di progetto.

Il nuovo impianto di recupero è dimensionato per trattare una portata massima di 550 m³/h ripartite nel seguente modo:

- Portata massima acque di falda: 68 m³/h
- Portata massima acque reflue di Raffineria: 360 m³/h
- Portata massima acque meteoriche: 122 m³/h

In uscita si ha una portata istantanea di 300 m³/h (7200 m³/giorno)

4.10.7 Obiettivi del trattamento

4.10.7.1 Qualità dell'acqua d'alimentazione.

I valori delle concentrazioni degli inquinanti maggiormente presenti nelle acque prelevate dai 9 sbarramenti idraulici sono riportati nella tabella che segue. La salinità delle acque di falda prelevate è di circa 9g/l.

Parametri	<u>Valore Medio</u>
Idrocarburi C < 12 (g /l)	8448
Idrocarburi 12<C< 25 (g/l)	311
Idrocarburi C >25 (g/l)	10
Benzene (µg/l)	552
Toluene (µg/l)	861
Etilbenzene (µg/l)	1257
Para-xilene (g/l)	1048
MTBE (µg/l)	6509
Naftalene(µg/l)	17
IPA totali (g/l)	17
Cloruri (mg/l)	8729

4.10.7.2 Qualità dell'acqua trattata

In uscita dal trattamento l'acqua avrà le seguenti caratteristiche:

Parametri	<u>Valore limite</u>
COD	<80 mg/l
BOD ₅	<10 mg/l
Solidi Sospesi	<10 mg/l
Solfuri	< 0,8 mg/l
Fenoli	<0,3 mg/l
Azoto ammoniacale	<5 mg/l
Azoto nitrico	<7,5 mg/l
Ph	6-9
BTEX	<50 (µg/l)
MTBE	< 500 (µg/l)
TPH (n-esano)	<100 (µg/l)

4.10.8 Descrizione del trattamento

Per raggiungere gli obiettivi prefissati lo schema di trattamento prevede le seguenti fasi:

- Trattamento chimico-fisico e biologico delle acque reflue di Raffineria in TAE A e delle acque di falda (flottazione, filtrazione su sabbia più antracite con l'ausilio

di prodotti coagulanti specifici, biofiltrazione, ispessimento e disidratazione dei fanghi).

- Trattamento di ultrafiltrazione per la rimozione dei solidi sospesi e di eventuali microinquinanti organici sfuggiti alle precedenti fasi di trattamento
- Dissalazione mediante osmosi inversa delle acque in uscita dal trattamento biologico, per la produzione di acqua da inviare all'impianto di demineralizzazione ed ad altri utilizzi interni alla Raffineria
- Trattamento delle acque di spurgo dal trattamento di ultrafiltrazione (fanghi biologici sfuggiti al trattamento biologico) mediante decantazione a pacchi lamellari
- Ricircolo delle acque decantate a monte dell'ultrafiltrazione, ed invio dei fanghi ispessiti all'unità di disidratazione con centrifuga dei fanghi prodotti nel TAE A
- Trattamento del refluo concentrato proveniente dallo spurgo dell'osmosi inversa, per la rimozione del COD ed altri microinquinanti, mediante adsorbimento con filtrazione su carbone attivo.

4.10.9 Stima dei costi

4.10.9.1 Costi di realizzazione

Una valutazione approssimata del costo complessivo per ciascun'opera di sbarramento idraulico progettata è riportato in tabella.

Sbarramento idraulico	Costo opere civili (€)	Costo impiantistica (€)	Costo realizzazione (k€)
Trincea n° 1	158.489	8.978	167
Trincea n° 2	39.327	6.854	46
Trincea n° 3	115.439	8.175	124
Trincea n° 4	181.070	15.818	197
Trincea n° 5	174.847	18.944	194
Trincea n° 6 (Well Point)	170.885	62.400	233
Trincea n° 7	79.477	12.341	92
Trincea n° 8	35.135	7.744	43
TOTALE	954.707	141.254	1.095,961

4.10.9.2 Costi di gestione

La stima dei costi d'esercizio è stata stabilita convenzionalmente sulla base di un funzionamento dell'impianto 365 giorni/anno alle condizioni nominali. La portata prodotta considerata si riferisce alla portata media di acqua dissalata, cioè il permeato in uscita

dall'osmosi inversa, pari a circa 270 m³/h con una produzione annua netta di circa 2.350 · 10³ m³/anno.

In tabella, viene riportata la stima dei costi, determinata sui consumi medi previsti ± 10 %.

	Costo annuo (€anno)	Costo al mc H ₂ O prodotta (€anno)
Reattivi	379.825	0,162
Energia elettrica	1.336.000	0,569
Ricambi/GAC	562.632	0,239
Fanghi	45.000	0,019
Personale	1.300.000	0,553
TOTALE GENERALE	3.623.457	1,542

4.10.9.3 Stima dei costi di investimento

Nella tabella seguente possiamo sintetizzare i costi di investimento raggruppati per sezioni.

Descrizione	KEuro
Servizi	1.250.000
Materiali	12.000.000
Costruzioni e montaggi	1.250.000
Opere civili	2.500.000
Totale investimento	17.000.000

4.10.10Tempistica

Le attività correlate agli interventi proposti, alla luce dell'operatività della Raffineria, porta ad individuare 5-7 mesi per la realizzazione e la messa in marcia di ciascun'opera prevista. Considerando la sovrapposizione delle stesse si stimano ca. 18 mesi complessivi per il completamento di tutte le opere (sett.'03- marzo '05).

4.11 Sito d'interesse nazionale di Crotone- Cassano- Cerchiara

Il progetto descritto di seguito è relativo alla bonifica dei terreni dell'Area Archeologica esterna allo stabilimento Pertusola che ricade all'interno del Sito d'Interesse Nazionale di Crotone-Cassano Cerchiara. Il progetto è stato approvato nella Conferenza di Servizi Decisoria del 16 settembre 2004.

4.11.1 Descrizione dell'area

L'area è ubicata a circa 2 km a nord-ovest dell'abitato di Crotone, situato immediatamente nell'entroterra, alle spalle dell'area Pertusola. Studi svolti sul sito hanno rilevato la presenza di reperti archeologici a profondità comprese fra 0,5 e 4 m dal piano campagna.

4.11.2 Geologia ed idrogeologia dell'area

L'area insiste su depositi alluvionali originati dal fiume Neto che scorre verso il mare. Sul sito insiste un banco di argilla mista a sabbia alternata a ghiaie di spessore variabile tra 20 e 4 m sovrastante l'argilla profonda e compatta alla profondità di 25-30 m sotto il p.c.

La falda denominata "struttura acquifera di Capo Rizzuto" è ricaricata a nord dal fiume Neto ed a sud dal fiume Esaro e dall'altopiano di Capo Rizzuto. Nell'area in esame, la falda defluisce verso il mare, da ovest ad est alla profondità media di 4 m sotto il p.c.

4.11.3 Stato della contaminazione

4.11.3.1 Suoli

Le indagini effettuate sul campo, hanno evidenziato una contaminazione uniforme da metalli pesanti, in particolare Cadmio e Zinco, diffusa sull'intera area archeologica e riconducibile ai primi 50 cm di terreno. La superficie interessata dalla contaminazione è stimata essere pari a circa 70 ha (87,5% dell'area indagata) per un volume totale di circa 417.000 m³.

In tabella sono riassunte le concentrazioni degli inquinanti rilevate.

	Media dei valori riscontrati	Max rilevato	Minimo rilevato	CLA
Cadmio	4,4 mg/kg	10,2 mg/kg	2,1 mg/kg	2 mg/kg
Zinco	389,2 mg/kg	950 mg/kg	158 mg/kg	150 mg/kg

4.11.3.2 Acque sotterranee

La penetrazione degli inquinanti nella struttura acquifera di Capo Rizzuto arrecata dalle attività dello stabilimento, è avvenuta attraverso il terreno, principalmente nelle aree in cui lo spessore del banco di argilla superficiale di spessore variabile tra 20-4mt, si assottiglia.

Nella tabella che segue si evidenziano le concentrazioni dei metalli pesanti presenti nelle acque sotterranee (mg/kg).

	Zn	Pb	Fe	Cd	Hg	As	Mn
Concentrazione limite	3	0,01	0,02	0,005	0,001	0,01	0,05
Conc.massima rilevata lato NORD	1,9	0,004	0,08	<0,005	<0,001	0,006	1,09
Conc.massima rilevata lato SUD	125	0,49	2,8	1,68	<0,001	0,055	62
Conc. Massima rilevata lato SUD-EST	730	0,51	1.400	1,39	0,166	1,24	49

4.11.4 Intervento di bonifica

Data la contaminazione e la specificità dell'area si è deciso di intervenire con una bonifica mediante fitodepurazione attraverso piantumazione di essenze arboree metallo sequestranti, al fine di riuscire a recuperare un'area con una forte vocazione storico-turistica soggetta a vincoli specifici archeologici.

Per la corretta fitostabilizzazione, la scelta delle specie vegetali da utilizzare deve tenere presente degli obiettivi primari di bonifica:

- Impedire l'erosione del terreno
- Bloccare la mobilità dei metalli impedendone la migrazione nelle acque sotterranee.
- Scegliere specie vegetali dotate d'apparato radicale che non interferisca con i reperti archeologici eventualmente presenti nel sottosuolo.

Le piante avranno le seguenti caratteristiche:

- devono essere in grado di estrarre i metalli dal terreno e concentrarli sulle parti aeree
- crescere su un terreno con concentrazioni elevate di zinco e cadmio.
- dovranno garantire un compromesso ragionevole tra la produzione di biomassa e la capacità d'estrazione specifica per lo zinco e cadmio.

Le specie vegetali che si prestano bene al trattamento sono:

- *Brassica napus*
- *Arabidopsis thaliana*
- *Helianthus annuus*
- *Satureja montana*

- *Hyssopus officinalis*
- *Paulownia spp*

Tra esse, favorendo quelle che presentano elevato tasso di crescita della biomassa e che richiedono potature periodiche ed un taglio a fine trattamento, la specie della *Paulownia spp* risulta essere la più idonea. Accanto ad essa potranno essere utilizzati anche *Helianthus annuus* (girasole) o piante pluriennali come la *Santureja montana* ed *Hyssopus officinalis*. Naturalmente le specie previste hanno anche un'estensione dell'apparato radicale che, nell'arco di tempo previsto per la bonifica cioè di **4 anni**, sarà limitata ai primi 70 cm preservando così da possibili danneggiamenti l'area archeologia oggetto della bonifica.

4.11.4.1 Descrizione dell'attività dell'impianto

La qualità e la quantità dell'azione decontaminante delle piante dipenderanno anche dalla cura e da come saranno seguite per tutto il ciclo agronomico vegetativo. Verranno, a tal fine, effettuate delle analisi chimico-fisiche del terreno finalizzate all'applicazione di trattamenti di correzione del terreno stesso connesse con il ph, concentrazione di sodio, tessitura. Inoltre, il terreno, sarà preparato mediante concimazione iniziale e continuativa nel corso della bonifica basata su generosi apporti di sostanza organica, ed un'adeguata irrigazione.

In fase d'esercizio della fitostabilizzazione si provvederà ad effettuare lo sfalcio delle essenze al fine di valutare in situ il rendimento del processo attraverso l'analisi di un numero rappresentativo di campioni d'essenza. Sulla base delle analisi, i prodotti dello sfalcio saranno conferiti ad idonea discarica o trattamento.

I parametri analizzati saranno i seguenti:

- Arsenico
- Cadmio
- Cromo
- Nichel
- Manganese
- Rame
- Mercurio
- Piombo
- Zinco

Gli sfalci verranno eseguiti due volte l'anno, in corrispondenza dei periodi di massima crescita. Per issopo e santoreggia si prevede una raccolta annuale, alla fine dell'estate, mentre la *Paulownia* verrà tagliata alla fine del ciclo quadriennale di bonifica.

Per quanto riguarda le distanze di piantagione nel caso delle specie arbustive, si potranno utilizzare sesti d'impianto da 10x10m a 5x5m, equivalenti ad una densità di 200 o 400 piante/ha.

I controlli nel terreno saranno focalizzati soprattutto al contenuto totale di zinco e cadmio e la loro specie a diverse profondità di 25 cm, 50 cm.

4.11.5 Tempi previsti

Il tempo previsto per il trattamento completo sarà di 4 anni, tuttavia al termine previsto qualora le risultanze dell'analisi di rischio connesse con le concentrazioni residue, risultassero negative si prolungherà il trattamento di fitodepurazione per un ulteriore biennio.

5 Le tecnologie di bonifica applicate sui Siti d'Interesse Nazionale

Secondo quanto analizzato nelle tabelle precedenti e nei siti analizzati, si propone di seguito una descrizione delle tecnologie di bonifica adottate

5.1 Bonifica dei suoli

5.1.1 Escavazione di terreno

La tecnologia prevede la rimozione del terreno contaminato fino alla profondità in cui si è registrato un livello di contaminazione eccedente i limiti stabiliti dal D.M.471/99. Una volta sbancato il terreno contaminato, si passa ad un'analisi chimico-fisica del fondo scavo e delle pareti per verificare la validità dell'asportazione del materiale contaminato: se si rileva ancora un livello di contaminazione eccedente i limiti stabili in base alla destinazione d'uso prevista del sito, si prosegue con l'asportazione di materiale fino a che non si evidenzia il raggiungimento. Le fasi successive prevedono:

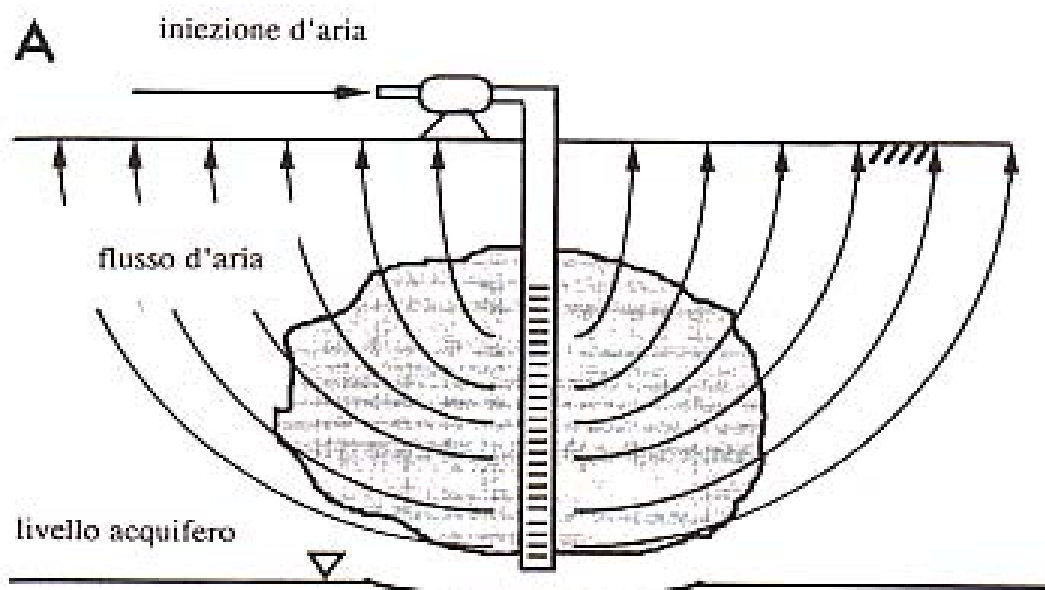
- Trasporto del materiale in un'area di stoccaggio preliminare;
- Vagliatura, generalmente di tipo *on-site* al coperto per limitare la diffusione di polveri derivate da movimentazioni del materiale;
- Test di cessione dell'eluato sul materiale vagliato;

In base alla conformità o meno dei limiti stabili dal D.M. 471/99 per il test di cessione dell'eluato il materiale vagliato subisce diverse soluzioni. In alcuni casi si decide a posteriori di optare un trattamento chimico di soil washing ex-situ in base alla tipologia di terreno ottenuto, con successivo eventuale riutilizzo ex-situ o in situ, ma nella maggior parte dei casi analizzati viene smaltito direttamente in discarica per rifiuti speciali, o per inerti se si tratta di pezzame di laterizi e simili.

5.1.2 Bioventing

La tecnologia rientra nei processi di degradazione microbiologica per il disinquinamento dei suoli contaminati essenzialmente da composti organici volatili, migliorando la naturale attenuazione della contaminazione a seguito dell'azione biologica dei batteri naturalmente presenti nel terreno. L'opera di tali batteri, infatti, è spesso resa difficoltosa dalle condizioni ambientali, dalla mancata azione di uno o più agenti fondamentali allo svolgere del processo, che divengono, perciò, limitanti la capacità degradativa. Poiché, quindi, non sempre si verifica un naturale biorisanamento del terreno inquinato si presenta la necessità di promuovere artificialmente il processo attivando la flora batterica autoctona autotrofa presente nel suolo, per rendere efficiente dal punto di vista economico e temporale tale processo di

biodegradazione. Il bioventing (BV) rappresenta, quindi, una delle tecniche attualmente più diffuse per intensificare l'azione ossidante microbiologica nel caso di contaminanti aerobicamente degradabili come benzene, toluene, etilbenzene, xilene (BTEX, MTBE). Il sistema prevede l'apporto d'ossigeno e/o nutrienti nel sottosuolo mediante un processo di ventilazione della porzione insatura del sottosuolo incrementando così, la crescita delle colonie batteriche, stimolando così l'attività biologica in situ e favorendo i processi di biodegradazione. L'aerazione del sottosuolo si configura come essenziale per la corretta degradazione dei contaminanti adsorbiti sulla matrice solida del terreno. L'attività della flora batterica aerobica determina la mineralizzazione dei contaminanti con conseguente produzione di CO_2 e H_2O . La ventilazione viene operata mediante pozzi verticali finestrati ubicati direttamente nel sottosuolo contaminato, ai quali viene applicata una differenza di pressione positiva rispetto al valore atmosferico. Tale operazione induce, nel sottosuolo, un gradiente di pressione che costituisce la forza motrice del flusso di gas. Le diverse soluzioni impiantistiche adottate dipendono dal tipo di suolo, in particolare dalla permeabilità, da una serie di parametri fisico-chimici, la natura dei contaminanti e dal grado di contaminazione registrato. Poiché in tale trattamento si va a favorire la degradazione aerobica dell'inquinante, il parametro fondamentale di progetto è la velocità di consumo dell'ossigeno (k_{O_2}) che è stimata solo attraverso dei test condotti in situ detti test respirometrici che consentono, quindi, di valutare il tasso di crescita dei microrganismi stessi. Mentre attraverso misure dirette della concentrazione di CO_2 e dei contaminanti presenti si può valutare l'efficienza del sistema. Il controllo sul trattamento è molto importante poiché deve mirare a garantire le condizioni di vita ottimali per un rapido ed efficace sviluppo della flora batterica, evitando le condizioni di inibizione del processo biologico; se, infatti, nel sottosuolo non sussistono le condizioni idonee, la reazione biochimica è inibita riducendo pesantemente l'efficienza del processo microbico ed allungando notevolmente i tempi di trattamento. In figura è schematizzato il processo.



5.1.3 Desorbimento termico

La tecnologia rientra nei trattamenti termici che mediante l'utilizzo del calore determinano processi atti a volatilizzare le sostanze inquinanti presenti nei terreni contaminati attuando una rimozione per ossidazione. I trattamenti termici possono essere di due tipi in base alla temperatura massima raggiungibile, durante l'esercizio dell'impianto:

- Desorbimento termico: in cui la temperatura massima di esercizio $T < 650^{\circ}\text{C}$ (processi a bassa temperatura)
- Termodistruzione e vetrificazione: in cui la temperatura massima di esercizio $T > 650^{\circ}\text{C}$ (processi ad alta temperatura)

Con il progressivo riscaldamento del terreno, all'aumentare della temperatura, avvengono nella matrice solida, una serie di modificazioni dello stato solido, in base perciò alla temperatura massima raggiunta, il risultato finale a cui si giunge è differente. In questa sede saranno date brevi spiegazioni concernenti solo il desorbimento termico poiché si tratta del trattamento attuato nel S.I.N. "*Laghi di Mantova e Polo Chimico*".

Il trattamento di desorbimento termico prevede il riscaldamento del terreno, a "bassa temperatura", può essere attuato "in situ" oppure "off-site, on-site"

Desorbimento termico "in situ"

Si tratta di un desorbimento mediante riscaldamento diretto del terreno per iniezione di vapore surriscaldato ($150^{\circ}\text{C} < T < 230^{\circ}\text{C}$) a bassa pressione attraverso un pozzo perforato fino alla profondità alla quale si trova la zona contaminata. Il vapore surriscaldato si condensa per differenza termica venendo a contatto con i grani di terreno, cedendo il calore. La continua

insufflazione crea un “fronte di vapore”, che avanzando nel sottosuolo in tutte le direzioni, fornisce l'energia alle componenti volatili adsorbite sulla matrice solida che riescono quindi, a volatilizzare e solubilizzare nel fluido condensato. I fluidi interstiziali vengono captati attraverso un pozzo di estrazione e quindi avviati al trattamento. Dal liquido contaminato si estrae una frazione oleosa da avviare a trattamento di termovalorizzazione, e da una frazione liquida, da trattare in un impianto di depurazione per reflui industriali. Trattandosi, quindi, di un'estrazione con vapore, il trattamento è indicato per idrocarburi aromatici, IPA, e alcune categorie di sostanze inorganiche NH_3 , H_2S , Hg caratterizzati da un'elevata tensione di vapore. Essendo un trattamento in situ è particolarmente indicato per terreni permeabili ed uniformi, in particolare per quelli sabbiosi che presentano una buona permeabilità.

Desorbimento termico " On site" / "Off site"

La fase successiva all'escavazione del terreno è la frantumazione e vagliatura dello stesso e successivamente viene avviato all'unità di desorbimento termico, rappresentato da un forno. Il trattamento può essere di due tipi:

- Desorbimento per contatto diretto in cui si utilizza un forno a tamburo rotante o a letto fluido il quale assicura elevati rendimenti di scambio termico dando la possibilità di introdurre composti che contribuiscano all'abbattimento dei contaminanti dai fumi, favorendo i costi di gestione. Con tale sistema si possono raggiungere temperature di 600°C;
- Desorbimento a riscaldamento indiretto in cui il terreno viene posto a contatto con una vite di Archimede riscaldata dall'interno dell'albero rotante. Al suo interno è presente una camicia nella quale possono scorrere fluidi e fumi ad alte temperature in grado di fornire calore al terreno. Con questa tecnologia però è possibile raggiungere delle temperature di esercizio per il terreno di 200°C.

In entrambi i casi i contaminanti rimossi dalla matrice solida passano al fluido di trasporto costituito da aria, gas di combustione o gas inerte che viene trattato in un impianto di abbattimento delle emissioni, prima dello scarico in atmosfera. Di notevole importanza, quindi, si configura per il trattamento dei fumi, il desorbimento, infatti, si configura come uno di quei trattamenti in cui si ha il trasferimento dell'inquinante da una matrice ad un'altra, più facilmente trattabile.

Risultati apprezzabili si ottengono nella rimozione dal terreno di:

- Sostanze organiche volatili (VOC) e semivolatili (SVOC)
- Policlorobifenili (PCB)

- Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)
- Fitofarmaci
- Alcuni metalli e composti metallici

L'efficienza di rimozione raggiungibile per i contaminanti organici arriva al 99,9%, la tecnologia inoltre risulta efficace ed economicamente vantaggiosa quando non sono presenti rifiuti solidi a percentuali superiori al 3% in peso. Poco efficace risulta invece l'applicazione agli inquinanti inorganici essendo caratterizzati da elevato punto di ebollizione che non favorisce la volatilizzazione.

5.1.4 Phytoremediation

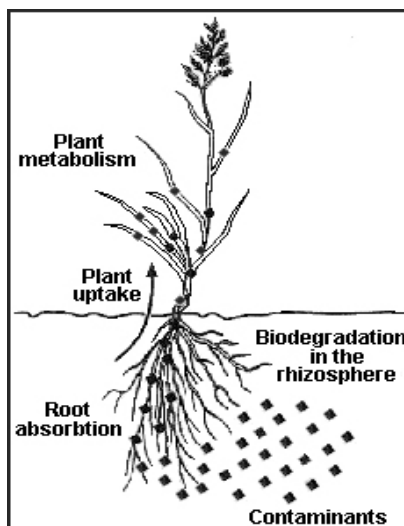
Il termine *phytoremediation* (fitobonifica, fitorecupero) si riferisce ad una tecnologia emergente che utilizza le piante per la bonifica di varie matrici ambientali contaminate, quali suolo, sedimenti, acque. Questa tecnica sfrutta la capacità della vegetazione di degradare, rimuovere e contenere molti inquinanti, talvolta in associazione all'azione degradativa dei microrganismi.

Nei siti d'interesse nazionale presi in considerazione è stata applicata principalmente la fitoestrazione, tecnica che sfrutta la capacità di alcune piante di assorbire e accumulare negli organi aerei inquinanti inorganici, principalmente metalli, quali Argento, Cadmio, Cobalto, Cromo, Rame, Mercurio, Manganese, Molibdeno, Nichel, Piombo, Zinco e metalloidi quali Arsenico e Selenio.

Nell'ambito della *phytoremediation* si sono sviluppate separatamente diverse tecniche che si differenziano in base all'obiettivo della bonifica, al tipo di inquinante e alla matrice ambientale interessata dalla contaminazione, cosicché attualmente si parla di vere e proprie *fito-tecnologie*. La *fitoestrazione* sfrutta la capacità di alcune piante di assorbire inquinanti inorganici, come metalli e radionuclidi, e accumularli negli organi aerei. Un'altra tecnica, nota come *fitostabilizzazione*, si basa sulla capacità della pianta di stabilizzare la matrice contaminata e ridurre la mobilità degli inquinanti, evitando in tal modo che possano disperdersi in processi di lisciviazione e di erosione.

Alcuni contaminanti possono essere assorbiti dai vegetali, degradati (*fitodegradazione*) e, in condizioni particolari, trasferiti in atmosfera mediante il processo di traspirazione (*fitovolatilizzazione*). L'azione delle piante può manifestarsi anche indirettamente con la produzione di essudati radicali che stimolano il metabolismo degradativo dei microrganismi della rizosfera (*rizodegradazione*). Inoltre, le stesse radici svolgono un ruolo chiave nella tecnica di *rizofiltrazione*, tramite processi di adsorbimento e assorbimento dei contaminanti presenti nelle acque.

Attualmente, ai fini del raggiungimento degli obiettivi di bonifica, si sono sviluppate alcune tecniche che combinano insieme le caratteristiche depurative delle varie fitotecnologie: le zone umide costruite, le barriere idrauliche, le coperture vegetative e le zone tampone. Nella figura seguente sono rappresentati schematicamente i meccanismi d'azione della phytoremediation.



La *phytoremediation*, in questo contesto, risulta un'alternativa alle tecniche di bonifica di tipo ingegneristico: è una tecnologia “pulita” ed economica, poiché utilizza organismi viventi e non agenti chimici e macchinari; di conseguenza necessita di un minimo intervento da parte di personale specializzato e può essere applicata per lunghi periodi. Pur essendo relativamente nuova nell'ambito delle tecniche di bonifica, ha il vantaggio di poter trarre utili informazioni da discipline tradizionali quali l'agricoltura, le scienze forestali e l'orticoltura. Inoltre, risulta molto competitiva per la sua intrinseca valenza estetica, grazie alla quale trova largo consenso nell'opinione pubblica.

Tra gli svantaggi di questa tecnica, il principale è sicuramente la durata del trattamento, generalmente di anni, fattore che limita la sua applicazione ai casi in cui non c'è urgenza di riutilizzare il sito; da non trascurare, inoltre, è la difficoltà che s'incontra quando la contaminazione supera la soglia di tolleranza della pianta, nonché il rischio che gli inquinanti dai vegetali si trasferiscano alla catena alimentare.

5.2 Bonifica delle falde.

Le falde più frequentemente compromesse dal degrado ambientale sono quelle freatiche, vulnerabili alla percolazione delle acque nel dilavamento dei terreni contaminati. Le fonti di una contaminazione di tipo diffuso nell'area di alimentazione dell'acquifero, presenta una

minaccia per la qualità delle acque sotterranee in quanto, l'acquifero freatico non ha barriere naturali da opporre all'infiltrazione dei percolati o contaminanti in soluzione nelle acque piovane. Le falde in pressione, invece, sono meno soggette a fenomeni di percolazione essendo confinate sia superiormente sia inferiormente.

5.2.1 Biosparging

La tecnologia, facente parte dei trattamenti microbiologici, ha come obbiettivo il disinquinamento delle falde stimolando la naturale degradazione microbica ad opera della flora batterica autoctona naturalmente presente nell'acquifero. La tecnologia, infatti, prevede l'uso dell'aria come vettore di trasporto dell'ossigeno che viene insufflata nell'acquifero a basse portate stimolando, così, la biodegradazione piuttosto che la volatilizzazione.

Il trattamento utilizzato prevede la realizzazione di pozzi di insufflazione di aria direttamente nel corpo di falda, ad una profondità tale da permettere l'ossigenazione dal basso verso l'alto, della porzione di acquifero contaminato. Generalmente viene applicata fino ad una profondità di 15m sotto il piano di falda. Come per gli altri trattamenti biologici (ad es. bioventing²) l'efficacia del metodo è strettamente collegata alla quantità dell'ossigeno, oltre che dei nutrienti per la proliferazione della flora batterica. Di conseguenza un monitoraggio delle concentrazione di ossigeno presente è pressoché fondamentale, così come nel caso sia necessario l'introduzione in soluzione acquosa di sostanze nutritive. Un'importante limitazione, circa l'utilizzo di questo sistema è un possibile rilascio di contaminati tossici, a causa del metabolismo o cometabolismo dei batteri, i quali mineralizzando dei contaminati, possono comportare il rilascio nella falda di molecole tossiche.

5.2.2 Pump&Treat

La tecnica adottata per le messe in sicurezza d'emergenza degli acquiferi più applicata consiste nella costruzione di una barriera idraulica a valle del pennacchio contaminato e da una serie di pozzi in falda, a monte e a valle rispetto alla direzione del deflusso naturale e della porzione d'acquifero contaminato. La struttura è tale da modificare la rete di deflusso naturale delle acque, attraverso un pompaggio continuato che permette di intercettare la portata contaminata. Il pompaggio continuo crea un cono di depressione permanentemente, in grado di richiamare, dagli strati superficiali dell'acquifero il battente contaminato. L'acqua inquinata viene sollevata in superficie, quindi viene depurata, utilizzando un impianto mobile, la cui tecnologia dipenderà dal tipo di contaminazione riscontrata. L'acqua risanata verrà

² Cfr paragrafo 5.1.2 “*Bioventing*”

immessa in falda, a monte del pennacchio contaminato. Questo ciclo continuo di prelievo a valle - immissione a monte, favorisce anche un "lavaggio" meccanico del suolo, con evidenti benefici in termini di efficacia che di riduzione dei tempi di trattamento, e rende possibile l'aggiunta di rateo di ossigeno nell'acqua da rimettere in falda, agevolando anche l'attivazione di biorisanamento "in situ" contribuendo a migliorare la performance della tecnologia.

7 *Analisi dei risultati*

Da una prima generale analisi relativamente allo stato di avanzamento degli interventi ai sensi del DM 471/99 nei siti di interesse nazionale è emerso che:

- l'iter procedurale di approvazione dei progetti di bonifica è per alcuni siti ancora allo stato iniziale; la maggior parte di questi infatti ha appena completato la fase di caratterizzazione e deve o ha appena presentato la progettazione preliminare di bonifica;
- in quasi tutti i siti sono stati effettuati o sono in corso interventi di messa in sicurezza di emergenza.

In merito alla analisi delle tecnologie di bonifica applicate sui siti di interesse nazionale, l'esame della documentazione progettuale ha messo in luce aspetti interessanti che devono però essere commisurati ai pochi siti considerati. I dieci casi studio riguardano principalmente interventi di bonifica dei suoli infatti sono relativi a 8 interventi di bonifica del suolo, 1 intervento di bonifica della falda e 1 progetto che prevede sia la bonifica del suolo che delle acque di falda.

Per quel che riguarda la bonifica dei suoli nei 9 casi esaminati, emerge che:

- l'asportazione e lo smaltimento in discarica del suolo inquinato costituisce la tipologia di intervento predominante (7 casi), a volte in concomitanza con l'applicazione di tecnologie in situ o on site;
- sono presenti anche tecnologie di bonifica sia *in situ* che *on site* quali bioventing, phytoremediation (2 casi *in situ* e 1 *on site*) e desorbimento termico *on site* mediante impianti mobili.

Per quanto concerne la contaminazione della falda acquifera, la casistica analizzata si riduce a soli due casi, che prevedono, per la decontaminazione della falda, il ricorso ad un intervento di pump&treat ed uno di biosparging

Da quanto analizzato per la valutazione dello stato di attuazione degli interventi sui siti è emerso, però, che il pump&treat risulta l'intervento maggiormente attuato per la messa in sicurezza di emergenza.

Dall'analisi delle tecnologie adottate per la bonifica dei suoli emerge come per la maggior parte degli interventi la prassi dell'asportazione e smaltimento in adeguata discarica è sempre quella più applicata. Tale prassi, perché non si può parlare di tecnologia vera e propria, è stata più frequentemente applicata giustificandola con l'esiguità dei volumi da smaltire e con l'esigenza di rendere le aree contaminate rapidamente disponibili per il proseguimento delle

attività industriali in atto o per l'attuazione dei progetti di riqualificazione previsti per l'area. L'asportazione e smaltimento in discarica si configura sì come l'intervento a costi più sostenibili, ma anche a maggiore insostenibilità ambientale. Dato il gran numero di siti contaminati, si crea, infatti, una produzione secondaria di rifiuti, spesso pericolosi che devono essere smaltiti presso adeguati impianti di discarica consumando il territorio ed aumentando il rischio d'esposizione per l'uomo e per l'ambiente.

Nei siti analizzati è apprezzabile, invece, vedere come dove è stato possibile sono stati applicati trattamenti *in-situ* di biorisanamento a basso impatto ambientale tipo bioventing e phytoremediation sebbene implicino tempi più lunghi. L'applicabilità è stata condizionata :

- dal tipo di contaminazione presente;
- dall'estensione areale delle aree contaminate;
- dalle profondità della contaminazione riscontrate.

Acronimi

As: Arsenico

BOD: Biological Oxygen demand

BS: Biosparging

BTEX: Benzene, Toluene, EtilBenzene, Xilene

BV: Bioventing

Cd: Cadmio

CLA: Concentrazione Limite Ammissibile

COD: Chemical Oxygen demand

DDT: Dicloro Difenil Tricloro etano

D. lgs: decreto legislativo

D.M. : Decreto ministeriale

EDTA: Acido EtilenDiamminoTetracetico

Fe: Ferro

Hg: Mercurio

IPA: Idrocarburi Policiclici Aromatici

MISE: Messe Messa in sicurezza d'emergenza

MISP : Messe Messa in sicurezza permanente

MTBE: Metil TerButilEtere

NAPL: Non-Aqueous Phase Liquid

Pb: Piombo

PCB: Poli Cloro Bifenili

S.I.N. :Sito d'interesse nazionale

TAE : Trattamento acque effluenti

TPH: Total Petroleum Hydrocarbon

V: Vanadio

Zn: Zinco

Bibliografia

- D.M. 471/99: “Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell’art. 17 del D.lgs. del 5/02/97 n°2.”
- “Bonifica dei siti inquinati nella programmazione dei fondi strutturali 2000/2006: analisi delle problematiche, valutazioni e suggerimenti” Gruppo di Lavoro Obiettivo Bonifiche. Rete Nazionale delle Autorità ambientali e delle autorità della programmazione dei fondi strutturali comunitari 2000-2006. Roma, Novembre 2004
- E.P.A., 2000, *Introduction to Phytoremediation*, EPA Document 600-R-99-107, U.S. Environmental Protection Agency, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio 45268. Disponibile sul sito: <http://www.epa.gov>
- “Un impianto di bioventing su un sito contaminato da idrocarburi: un caso di studio”. AA 2002-2003 Politecnico di Milano. Tesi di laurea. G. Carrabba.
- “Progetto definitivo di bonifica della falda sottostante la raffineria ex AgipPetroli di Taranto”- Eni S.p.a.- gennaio 2004
- “Progetto definitivo di bonifica delle discariche ubicate nelle isole 12,14 e 17 del sito Syndial di Macchia S. Angelo (FG)”- Syndial S.p.a.-Settembre 2003
- “Progetto definitivo per la bonifica dei terreni delle aree di proprietà EniPower”-
- “Progetto definitivo per la bonifica dei terreni dell’Area 02 F” - EniPower S.p.a.- Luglio 2004.
- “Stralcio integrativo al progetto definitivo di bonifica dell’Area Archeologia” – Fisia Italimpianti- settembre 2004.
- “Progetto quadruplicamento della linea Milano-Venezia, Progetto definitivo di bonifica” - Italferr, novembre 2003
- “Progetto definitivo di bonifica stralcio area Museo del presente” - Comune di Milano, Metropolitane Milanesi - Novembre 2002
- “Progetto definitivo di bonifica area R1 Collina ” – Syndial SpA – giugno 2004
- “Progetto definitivo di bonifica area Comparto Milano” - Consorzio Comparto Milano - giugno 2003

- “Progetto definitivo di bonifica dell'area ex Pietra - Via Dalmazia 5 in Comune di Brescia” Aventis Immobiliare S.r.l.-aprile 2003
- “Progetto preliminare di bonifica dell’area ex Pietra - Via Dalmazia 5 in Comune di Brescia”, Aventis Immobiliare S.r.l.
- “Progetto preliminare/definitivo del sito “Case del sole” nel comune di Brescia” Finsibi s.p.a. *Revisione del 22 dicembre 2004.*
- Verbali delle Conferenze di servizio Decisorie per i Siti in esame.